



**Universidad Tecnológica de Pereira**  
**Programa de Tecnología Eléctrica**

# **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TENSIÓN EN EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN REGIONAL (STR)**

**Olga Patricia Osorio Giraldo**

**Luis leonardo López Gómez**

**DIRECTOR:**

**Ing. Oscar Gómez Carmona**



## Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

# OBJETIVOS

- ◆ Realizar un estudio de estabilidad de tensión en el STR.
  - ▶ Estudiar el STR, sus componentes y operación.
  - ▶ Explicar los fundamentos básicos de estabilidad de tensión en un Sistema Eléctrico de Potencia.
  - ▶ Explicar el funcionamiento del simulador Neplan enfocado a estabilidad de tensión.
  - ▶ Aplicar la metodología del simulador Neplan para estabilidad de tensión en el STR.



# SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA (SEP)

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

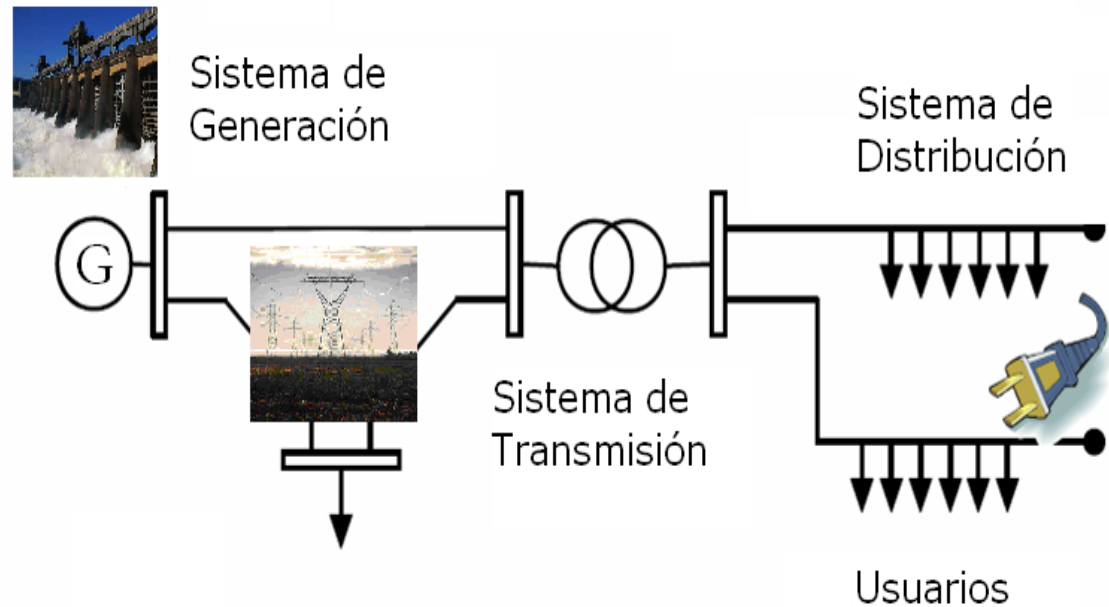
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# CALIDAD DE LA ENERGÍA EN UN SEP

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

- ▶ Ausencia de interrupciones.
- ▶ Ausencia de deformaciones producidas por armónicos en la red.
- ▶ Variaciones en el voltaje.
- ▶ Variaciones en la frecuencia.
- ▶ Confiabilidad del sistema.



# CALIDAD DE LA ENERGÍA EN UN SEP

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

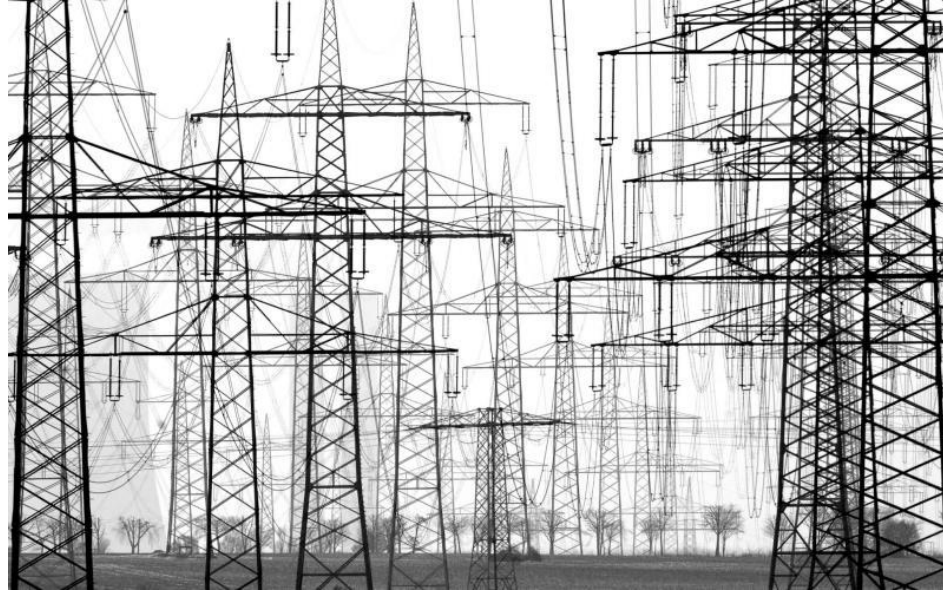
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



Actualmente el crecimiento de la demanda de los usuarios es mayor que la infraestructura de los SEP generándose un problema para mantener la estabilidad de tensión.



# EL STR Y SUS COMPONENTES

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

El sistema en el que se realizó el estudio fue construido con fines académicos ya que existen variaciones de tipo operativo que se presentan diariamente en el manejo del sistema y sería muy complejo tener en cuenta cada uno de estos cambios.





# EL STR Y SUS COMPONENTES

## ◆ Subestaciones Eléctricas

- ▶ Subestación Dosquebradas.
- ▶ Subestación Cuba.
- ▶ Subestación Ventorrillo.
- ▶ Subestación Centro.
- ▶ Subestación La Rosa.
- ▶ Subestación Pavas.
- ▶ Subestación Cartago.

El STR presenta una topología en anillo a 33KV que le da confiabilidad y estabilidad en caso de eventuales fallas.

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



# EL STR Y SUS COMPONENTES

## ◆ Otros elementos

- ▶ 11 Líneas de Subtransmisión.
- ▶ 16 Transformadores de Potencia.
- ▶ 2 Equivalentes de Red.
- ▶ 2 Plantas de Generación Local.
- ▶ 20 Nodos.
- ▶ 30 Cargas (Circuitos Primarios).
- ▶ 6 Compensaciones.

A través de las subestaciones de La Rosa y de Cartago el STR se interconecta con el sistema eléctrico nacional.

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

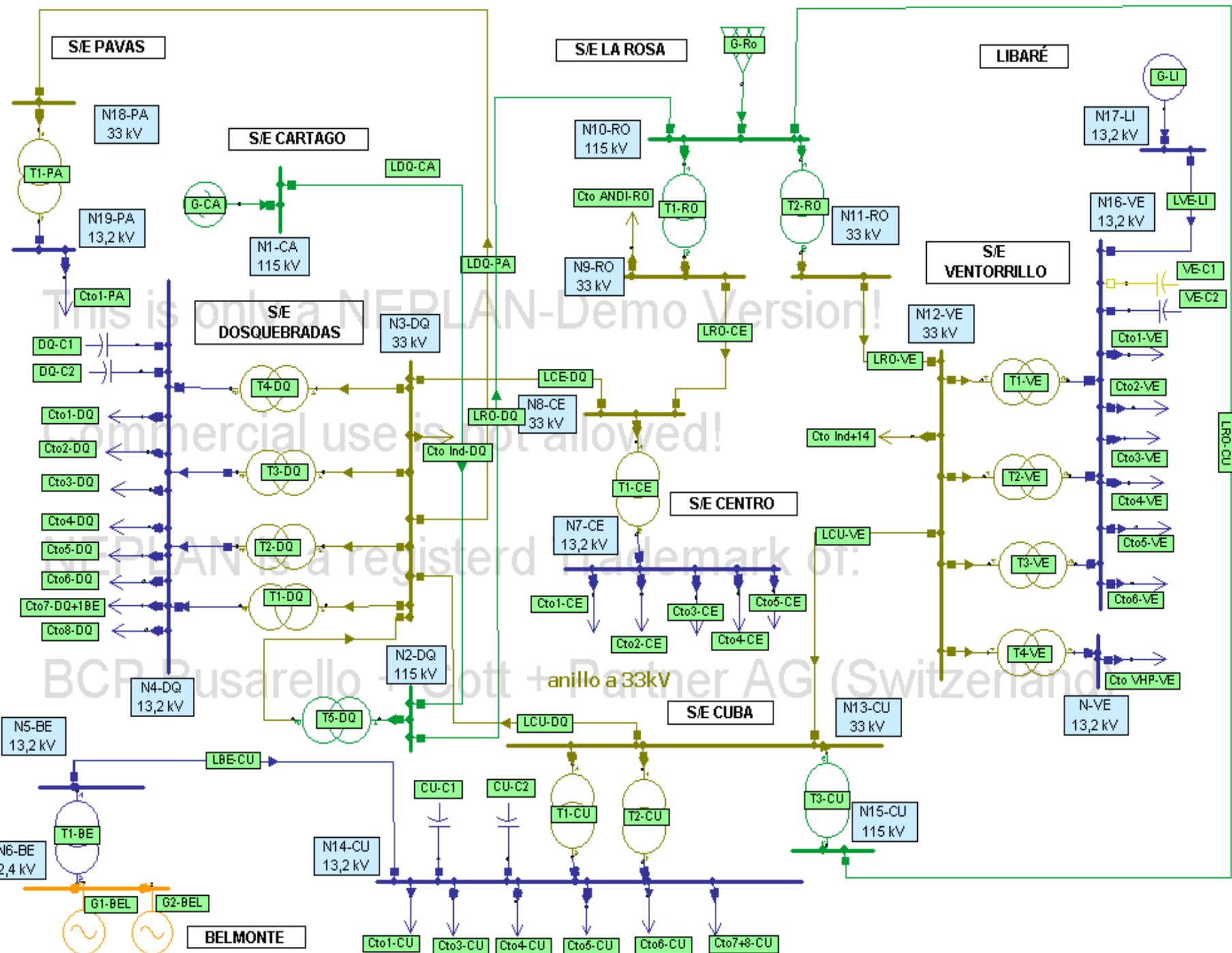
Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones







# DEFINICIÓN

Es la capacidad que posee un sistema de potencia de mantener un punto de equilibrio sobre condiciones normales de operación y de permanecer en estado aceptable de operación después de haber sufrido una perturbación.

En los sistemas eléctricos se debe tener la mayor estabilidad posible ya que una falla en éste tiene consecuencias relevantes para la sociedad.

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



# CLASIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

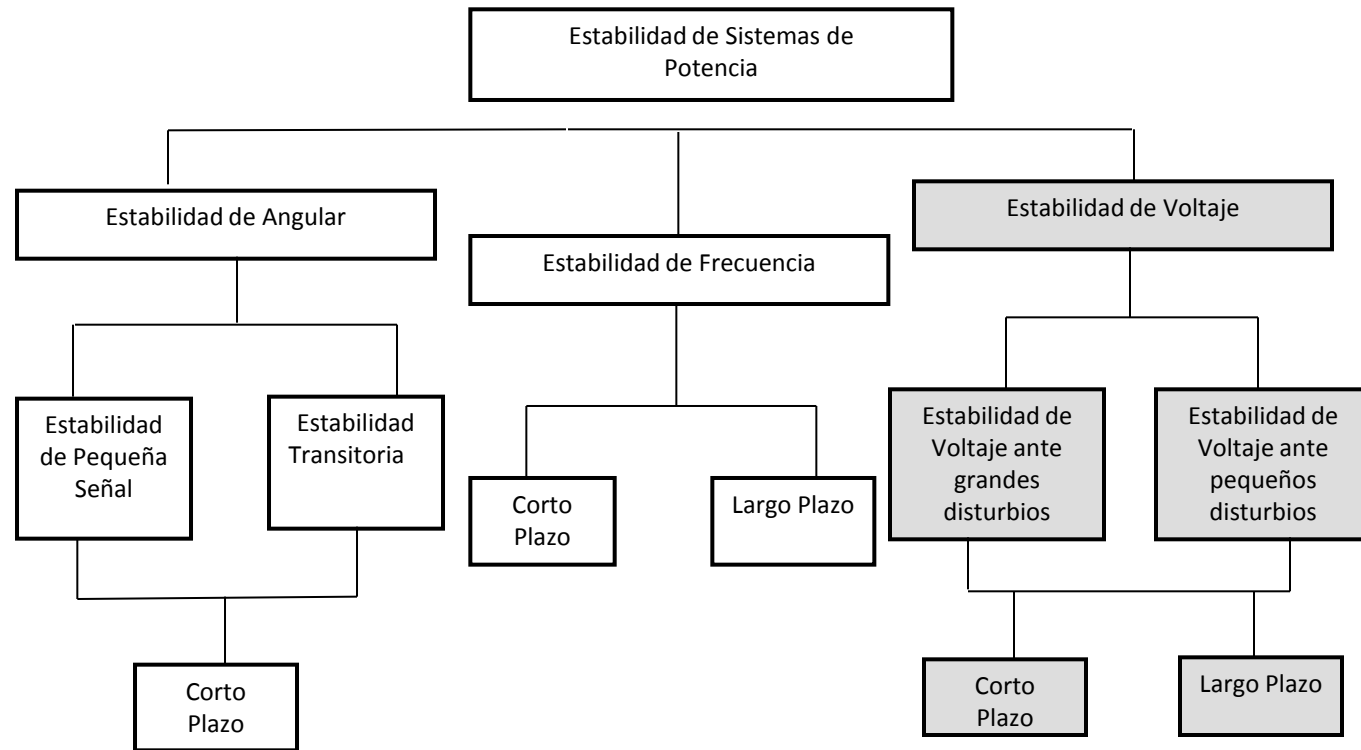
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# ESTABILIDAD DE VOLTAJE

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Es la capacidad que tiene un SEP para mantener una magnitud de voltaje estable en todos los nodos del sistema bajo condiciones normales de operación y después de estar sujeto a un disturbio.

Está muy relacionada con las condiciones iniciales de operación del SEP, además éste es estable en voltaje cuando el voltaje en uno o varios nodos del sistema aumentan después de haberse inyectado potencia reactiva en un nodo del SEP.



# ESTABILIDAD DE VOLTAJE ANTE GRANDES DISTURBIOS

Objetivos

Sistemas de Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Se refiere a la capacidad del sistema de mantener los voltajes constantes después de disturbios grandes, tales como las fallas que se presentan en el sistema de transmisión, aumentos importantes de la carga, funcionamiento próximo al límite de transporte de potencia, generación alejada de la carga e insuficiencia de los medios de compensación de potencia reactiva.



# ESTABILIDAD DE VOLTAJE ANTE PEQUEÑOS DISTURBIOS

Objetivos

Sistemas de Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Se define este tipo de estabilidad como la capacidad del SEP de mantener voltajes constantes después de pequeños disturbios, tales como cambios incrementales en la carga del sistema. Este concepto es útil para la determinación en todo momento cómo los voltajes responden a cambios pequeños de la cargabilidad.





# ESTABILIDAD DE VOLTAJE A CORTO PLAZO Y A LARGO PLAZO

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

La estabilidad a corto plazo involucra la dinámica en el tiempo de elementos de carga como motores.

La estabilidad a largo plazo trata de estudiar el comportamiento de la red durante varios minutos a fin de evaluar la respuesta del SEP ante un crecimiento sostenido de la demanda.



# FACTORES ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DE VOLTAJE

Objetivos

Sistemas de Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

- Condiciones de sobrecarga en un SEP.
- Los márgenes tanto de potencia activa como de potencia reactiva se encuentran muy cercanos a sus límites tolerables.
- En la condición de operación anterior al disturbio, el sistema se encuentra operando sin un elemento principal.
- En algunos casos la pérdida de estabilidad se inicia generalmente con la salida de un solo elemento, en otras ocasiones es consecuencia de fallos sucesivos dentro del SEP.



# EL COLAPSO DE VOLTAJE

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Se considera un SEP que se encuentra funcionando bajo un estado de operación estable y repentinamente éste experimenta un disturbio, entra a un estado de colapso de voltaje si el equilibrio post-falla en la magnitud de los voltajes en los nodos del sistema se encuentra fuera de los límites aceptables de operación.



# METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS

## ◆ Análisis Dinámicos

Corresponden a simulaciones en el tiempo, capturan eventos y calculan las secuencias que llevan a la inestabilidad.

## ◆ Métodos Estáticos

Permiten examinar un amplio rango de condiciones del SEP para comprender la naturaleza del problema e identificar los factores de participación.

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



# MÉTODOS ESTÁTICOS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

- Análisis de Sensibilidad V-Q.
- Análisis Modal Q-V.
- Curvas V-Q.
- Curvas P-V.



# ANÁLISIS MODAL

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Aunque es una técnica de análisis de estabilidad de voltaje en estado estable, se puede clasificar dentro de los métodos de análisis de sistemas dinámicos pero no corresponde a simulaciones en el tiempo.

Se fundamenta en el cálculo de los valores propios de la matriz jacobiana reducida la cual relaciona en forma lineal la potencia reactiva inyectada en la red con los voltajes de los nodos.





# ANÁLISIS MODAL

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

La magnitud de los valores propios puede suministrar una medida relativa de la proximidad a la inestabilidad. El análisis de valores propios es útil para identificar los elementos y áreas críticas para la estabilidad de voltaje.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{P\theta} & J_{PV} \\ J_{Q\theta} & J_{QV} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad \Delta Q = \left( J_{QV} - J_{Q\theta} J_{P\theta}^{-1} J_{PV} \right) \Delta V$$



# FACTORES DE PARTICIPACIÓN DE NODOS

Objetivos

Sistemas de Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Tiene como objetivo principal determinar los nodos críticos de voltaje del sistema y por medio de estos identificar las zonas del sistema más relacionadas con los problemas de estabilidad de voltaje.

Dependiendo del valor propio se clasifican en:

Muy localizables

No localizable



# FACTORES DE PARTICIPACIÓN DE RAMA

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Indican para cada valor propio los elementos del SEP que consumen mayor potencia reactiva ante un cambio incremental en la carga.

Los elementos con grandes factores de participación de ramas son identificados como débiles o que tienden a sobrecargarse.



# CURVAS P-V

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Muestran la relación existente entre la transferencia de potencia activa y el comportamiento del voltaje. Se generan corriendo una serie de casos de flujo de carga.

La ventaja que ofrece esta metodología es proporcionar una indicación de la proximidad al colapso de voltaje del sistema a través de un rango de niveles de carga ( Margen de cargabilidad)



# ASPECTOS IMPORTANTES

## Objetivos

## Sistemas de Potencia

## Estabilidad

## Estabilidad Neplan

## Resultados Neplan

## Casos de Prueba

## Conclusiones

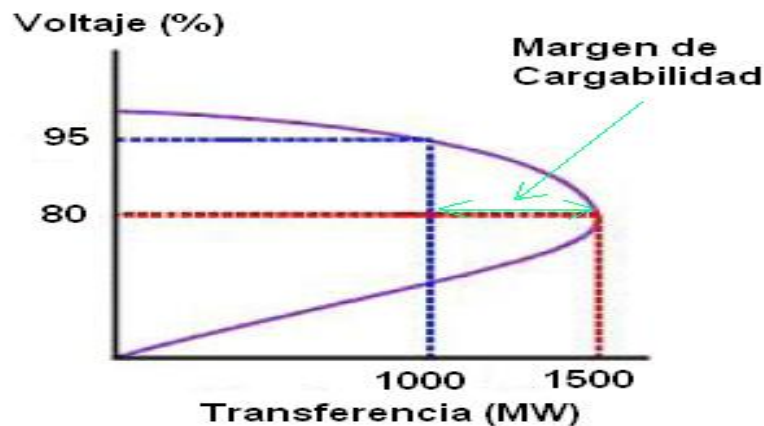
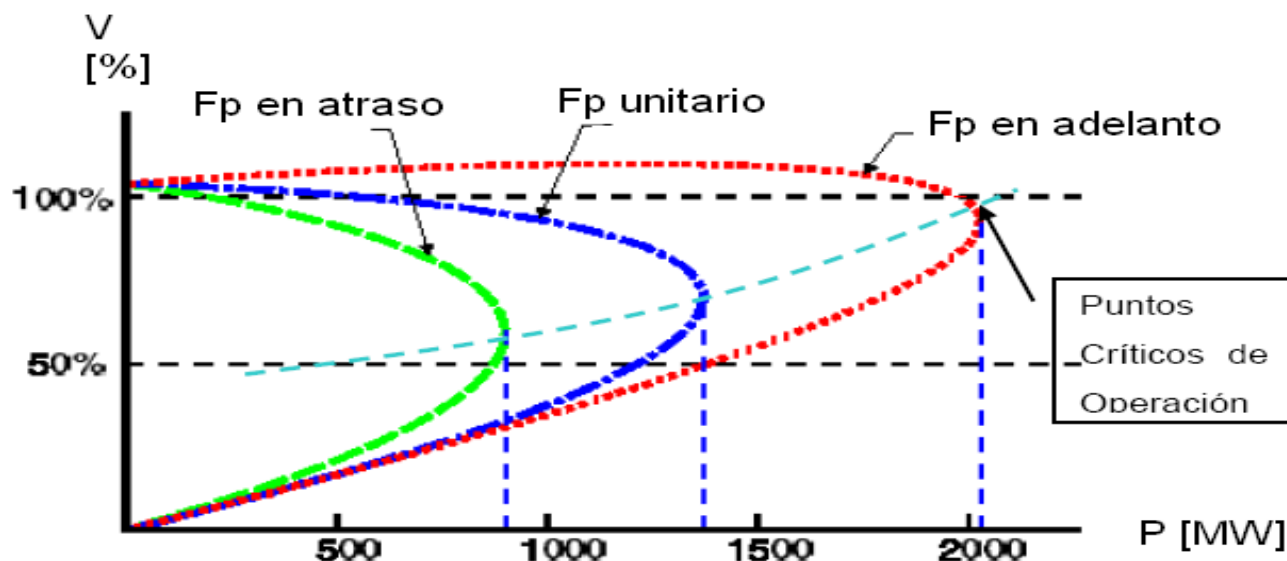
Las curvas poseen un punto de cargabilidad máxima, si se excede dicho punto los voltajes caerán incontrolablemente y el SEP entrara en un estado de inestabilidad.

Existen dos puntos posibles de operación siendo el punto superior un indicador de estabilidad del SEP y el inferior de inestabilidad.

El F.P debe permanecer constante. Para un F.P en atraso o unitario los voltajes disminuyen a medida que aumenta la potencia activa.



# CURVAS P-V



Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# CURVAS V-Q

## Objetivos

## Sistemas de Potencia

## Estabilidad

## Estabilidad Neplan

## Resultados Neplan

## Casos de Prueba

## Conclusiones

Muestran la potencia reactiva necesaria para mantener un nivel de tensión determinado. El mayor beneficio que ofrecen estas curvas es la determinación de un margen que indica hasta qué punto la potencia reactiva de carga se puede incrementar en el sistema.



# CURVAS V-Q

## Objetivos

## Sistemas de Potencia

## Estabilidad

## Estabilidad Neplan

## Resultados Neplan

## Casos de Prueba

## Conclusiones

Poseen un punto de operación donde se encuentra el límite de estabilidad de voltaje.

Existen dos puntos posibles de operación, siendo los ubicados a la derecha estables y los ubicados a la izquierda inestables.

Tanto el factor de potencia como la transferencia de potencia activa deben permanecer constantes durante todo el proceso de construcción de dichas curvas.



# CURVAS V-Q

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

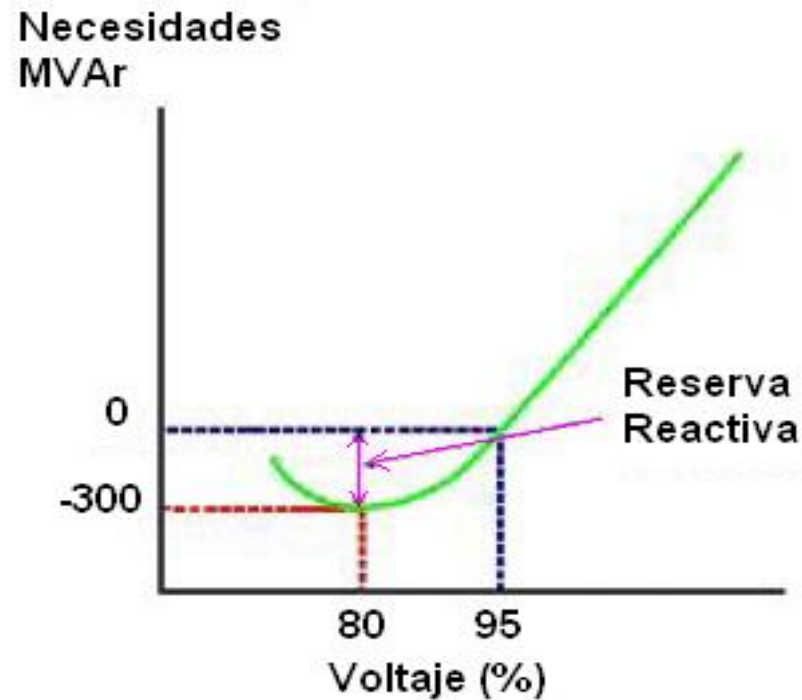
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# SIMULADOR NEPLAN

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

El simulador Neplan es un programa que proporciona las herramientas necesarias para el análisis de un SEP. Además de las múltiples alternativas en cuanto a módulos para la realización de diferentes estudios según los requerimientos o necesidades del usuario.



# SIMULADOR NEPLAN

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

El STR se simuló utilizando el programa Neplan 5.24 en el cual se construyó el diagrama unifilar con sus respectivos elementos y parámetros, los cuales son definidos dependiendo del módulo utilizado; para el módulo de estabilidad de voltaje los datos requeridos son los mismos que para un flujo de carga.



# MÓDULO DE ESTABILIDAD DE VOLTAJE

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

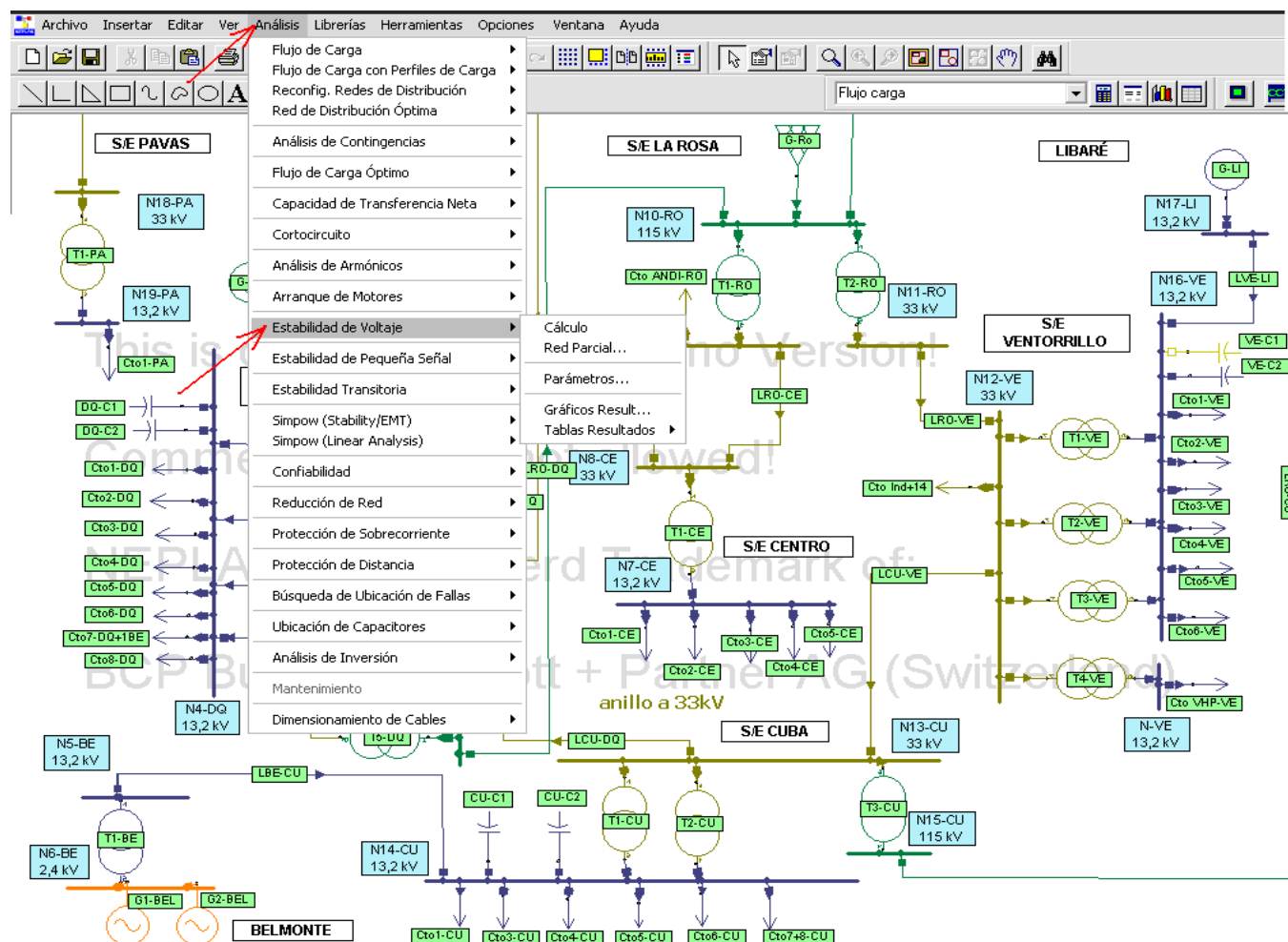
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones







# ANÁLISIS MODAL

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Parámetros de Estabilidad de Voltaje

Curvas V-Q    Curvas P-V    Archivos de resultados

Análisis de Sensibilidad / Análisis Modal

☐ Habilitar análisis de sensibilidad V-Q

☒ Habilitar análisis modal Q-V

Opciones

Nodos sin elementos de carga: Q variable

Número máximo de valores propios: 19

Lím. para Sensibil. / Factores Particip mutuos: 1 % de máximo

Resultados

☒ Sensibil. mutuas en nodos    ☒ Factores participación generador

☒ Factores participación nodos    ☒ Vectores propios

☒ Factores participación ramas



# ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Parámetros de Estabilidad de Voltaje

Curvas V-Q    Curvas P-V    Archivos de resultados

Análisis de Sensibilidad / Análisis Modal

☒ Habilitar análisis de sensibilidad V-Q  
☐ Habilitar análisis modal Q-V

Opciones

Nodos sin elementos de carga: Q variable

Número máximo de valores propios: 19

Lím. para Sensibil. / Factores Particip mutuos: 1 % de máximo

Resultados

☒ Sensibil. mutuas en nodos    ☒ Factores participación generador  
☒ Factores participación nodos    ☒ Vectores propios  
☒ Factores participación ramas



# CURVAS V-Q

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Parámetros de Estabilidad de Voltaje

Análisis de Sensibilidad / Análisis Modal

Curvas V-Q    Curvas P-V    Archivos de resultados

☒ Habilitar cálculo de curvas V-Q

Rango de voltaje

Límite inferior .. %:	10
Límite superior .. %:	200
Incremento .. %:	5

Convención de Signo para pot. reactiva: Inyección positiva

Seleccionar Nodos



# CURVAS P-V

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Parámetros de Estabilidad de Voltaje

Análisis de Sensibilidad / Análisis Modal

Curvas V-Q   **Curvas P-V**   Archivos de resultados

☒ Habilitar cálculo de Curvas P-V

Fact. Escalam. de Carga

Límite inferior .. %: **1**   Incremento inicial .. %: **2**  
Límite superior .. %: **320**   Incremento final .. %: **0,9**

Progr. Generación de acuerdo a

☒ P oper   ☐ Sr   ☐ Consider Pmín / Pmáx  
☐ Estatismo MW/Hz

Conversores...

Cálculos P-V

Identificador	Cargas	Generadores	Nodos
<input checked="" type="checkbox"/> Cálculo 1	30	5	2

Nuevo  
Eliminar  
Selecc. Todo  
seleccionar Na  
**Elementos**



# VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

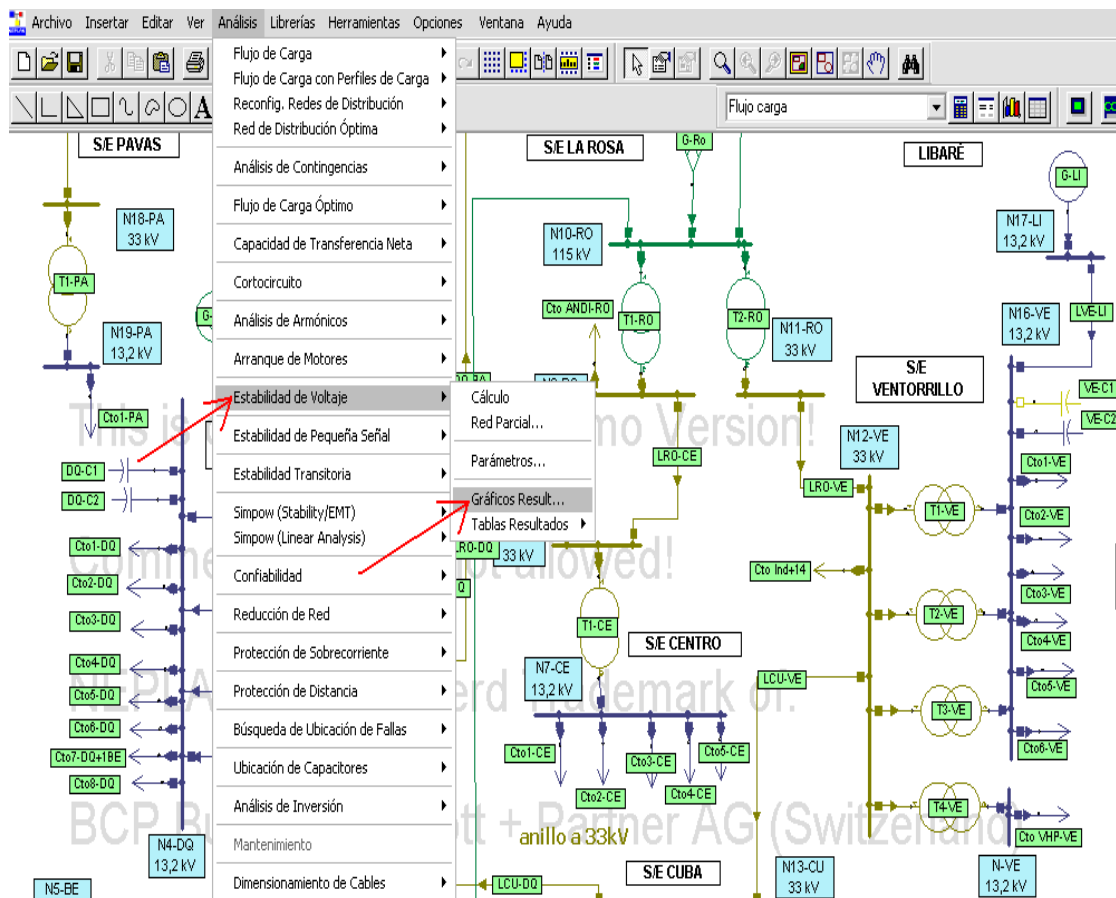
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

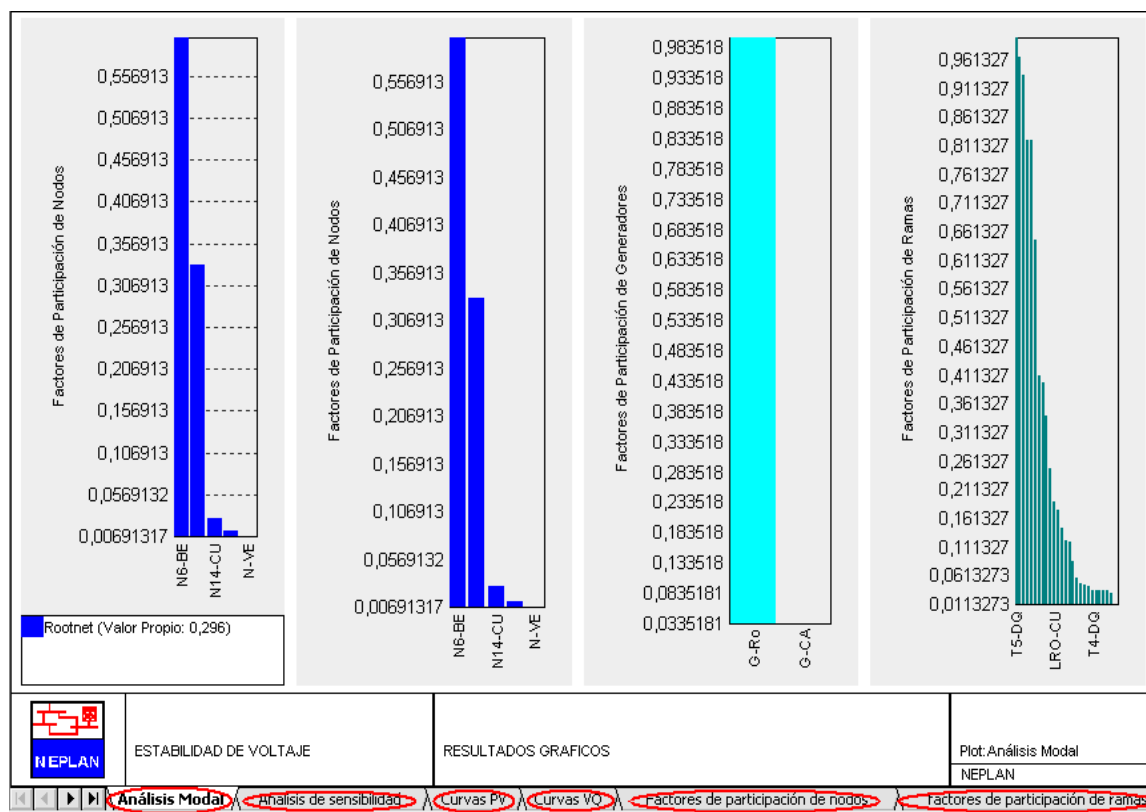
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

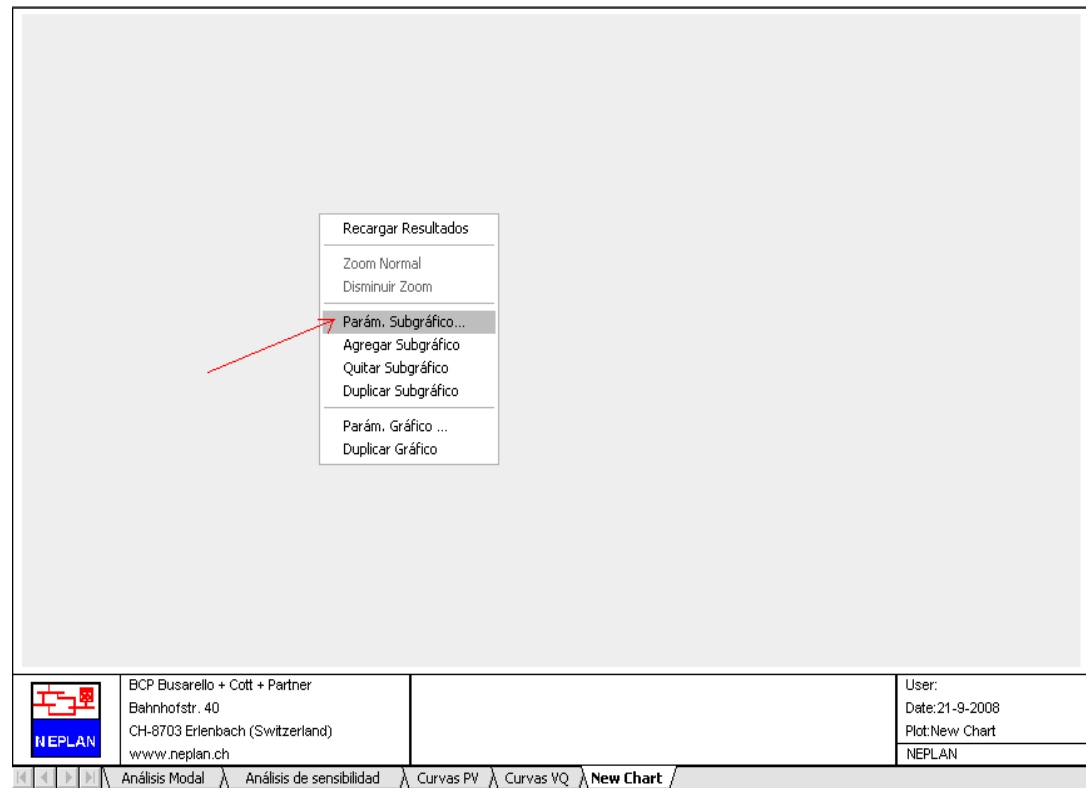
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones







# VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

**Ajustes Subgráficos**

Subgráfico

Tipo subgráfico: Factores de particip. de nodo del valor propio selec

☐ Agregar curvas man

Selecc. valor propio: Factores de particip. de nodo del valor propio selecc.

Seleccionar nodo: Factores de particip. de rama del valor propio selecc.

Selecc. curvas V-Q: Factores de particip. de generador del valor propio sele

Selecc. curvas P-V: Curvas V-Q

Propiedades de eje

Seleccionar eje: Y1 Axis

Título:

Resolución: 0,2 ☒ Automático

No. de decimls: 3 ☒ Automático

Mín: 0 ☒ Automático

Máx: 1

☐ Tabla

Leyenda

☐ Mostrar leyenda ☒ Ordenar según eje

Altura .. % 10

Aceptar Cancelar Ayuda

**Ajustes Subgráficos**

Subgráfico

Tipo subgráfico: Factores de particip. de nodo del valor propio selec

☐ Agregar curvas manualmente

Selecc. valor propio: 0,296

Seleccionar nodo: 0,296

Selecc. curvas V-Q: 0,401

Selecc. curvas P-V: 0,512

Propiedades de eje

Seleccionar eje: Y1 Axis

Título:

Resolución: 0,2 ☒ Automático

No. de decimls: 3 ☒ Automático

Mín: 0 ☒ Automático

Máx: 1

☐ Tabla

Leyenda

☐ Mostrar leyenda ☒ Ordenar según eje

Altura .. % 10

Aceptar Cancelar Ayuda



# CASOS DE PRUEBA

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

◆ Cargabilidad Máxima

◆ Demanda Mínima

◆ Demanda Máxima



# CARGABILIDAD MÁXIMA

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Los datos relacionados con este caso de estudio se tomaron en la hora de mayor demanda en cada uno de los circuitos, para un día ordinario; con el fin de llevar el sistema a la máxima cargabilidad y hacer el correspondiente análisis.

El caso de estudio se realizó bajo las dos opciones que proporciona el simulador Neplan, obteniéndose la participación de nodos, ramas y las curvas P-V y V-Q.



# TABLA DE VALORES PROPIOS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

VALOR PROPIO	NODO	FACTOR DE PARTICIPACION
0,365	N6-BE	0,908
	N19-PA	0,042
	N14-CU	0,021
	N-VE	0,014
0,417	N19-PA	0,935
	N6-BE	0,051
24,553	N3-DQ	0,820
	N9-RO	0,135
	N4-DQ	0,033



# FACTORES DE PARTICIPACIÓN DE NODOS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

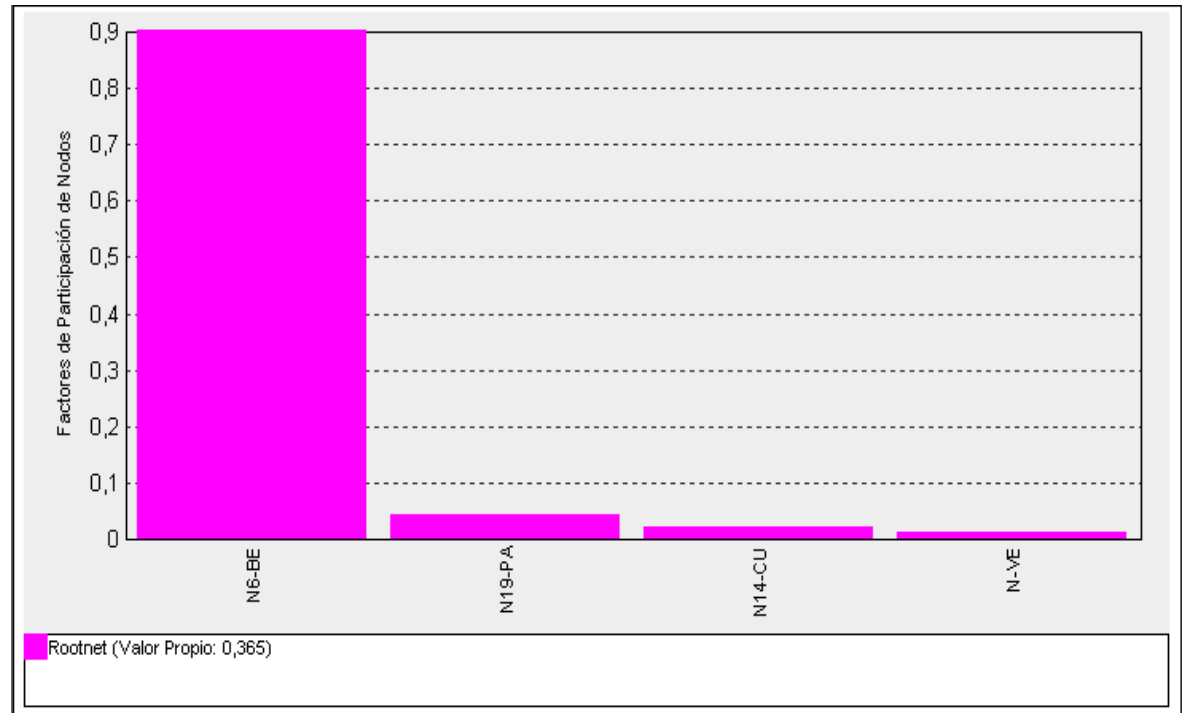
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# FACTORES DE PARTICIPACIÓN DE RAMAS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

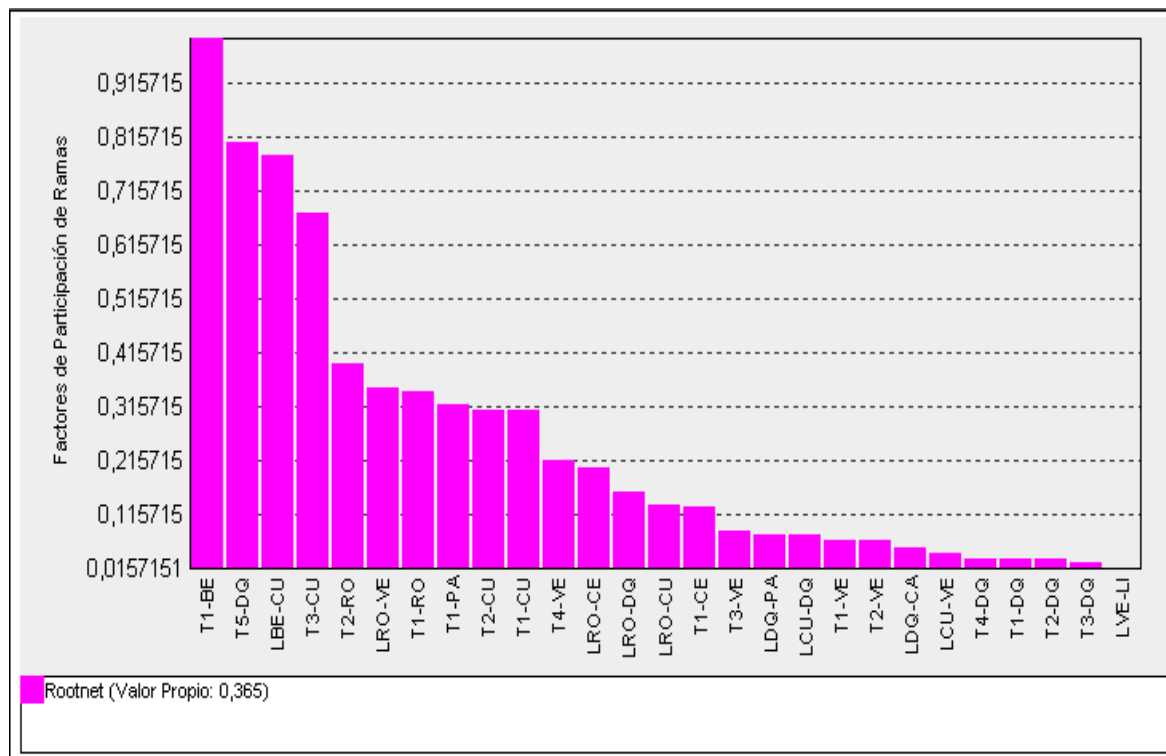
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# CURVAS P-V

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

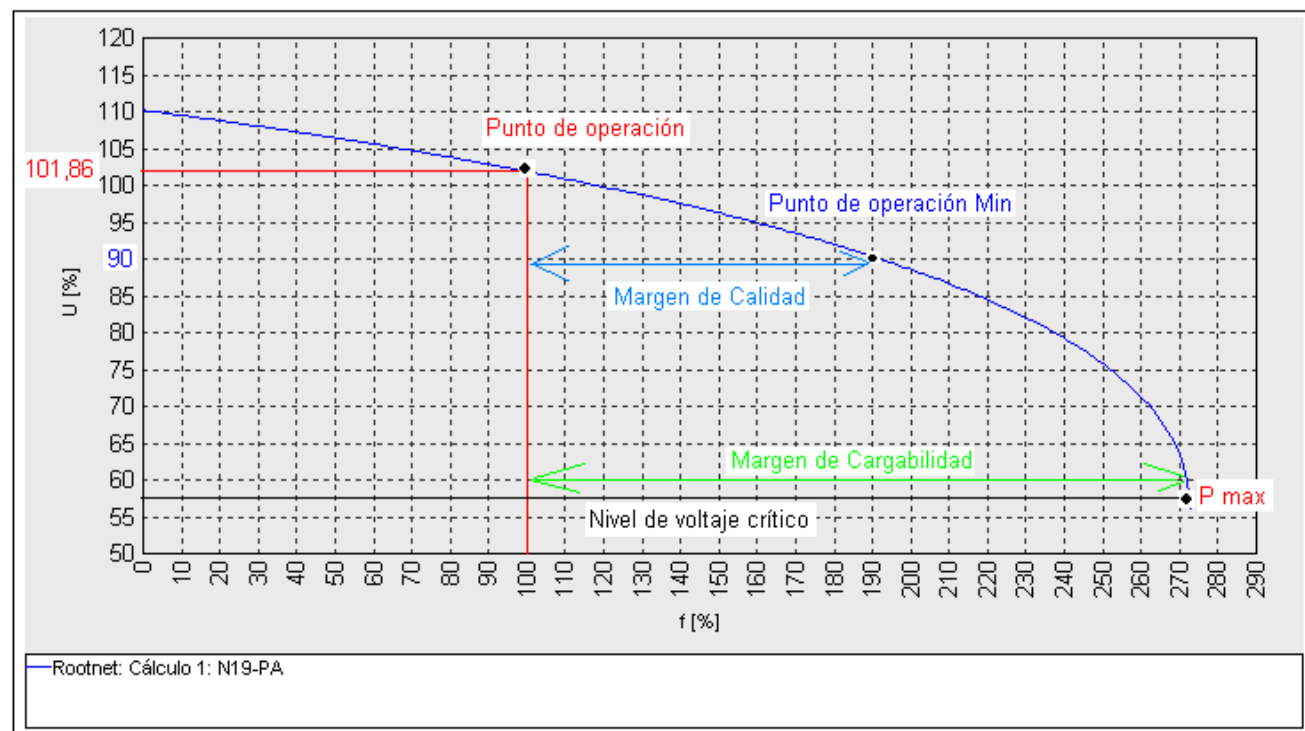
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



Margen de cargabilidad 6.93 MW

Margen de calidad 3.63 MW





# CURVAS V-Q

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

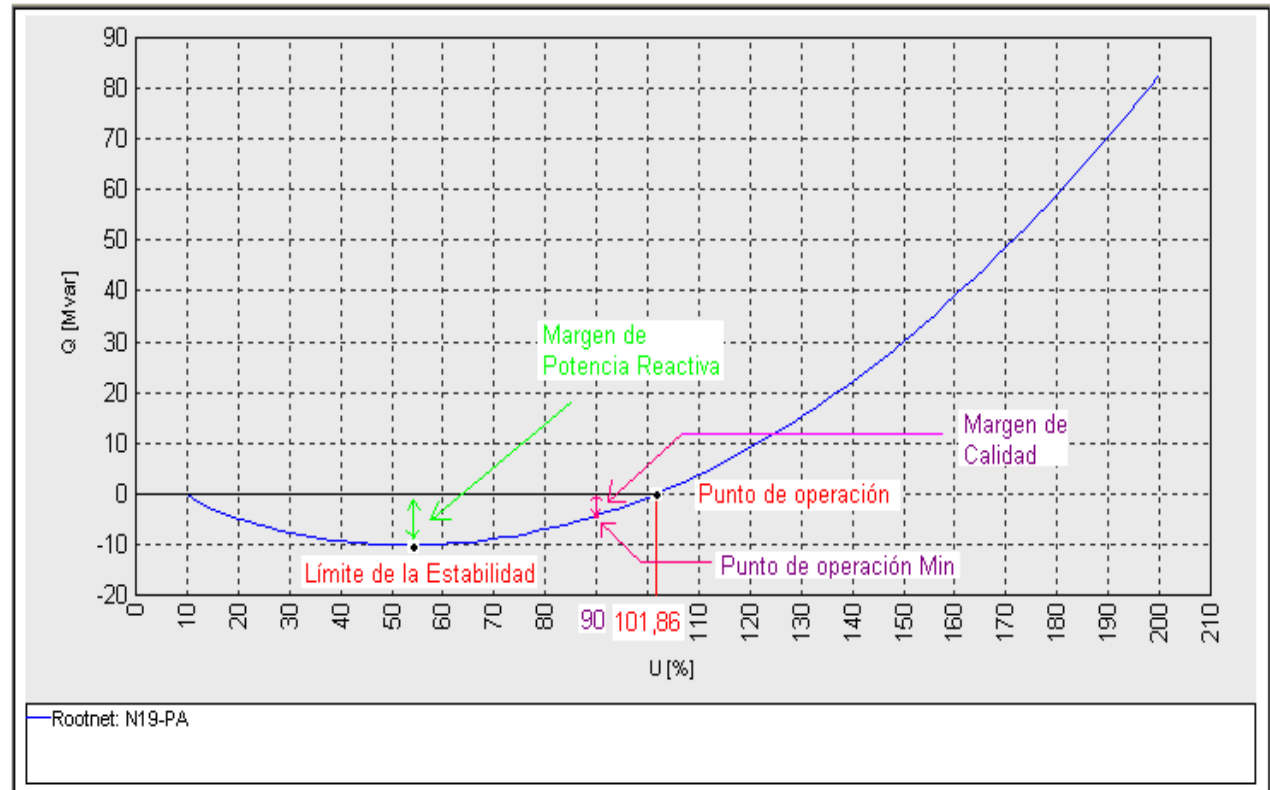
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# CURVAS P-V

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

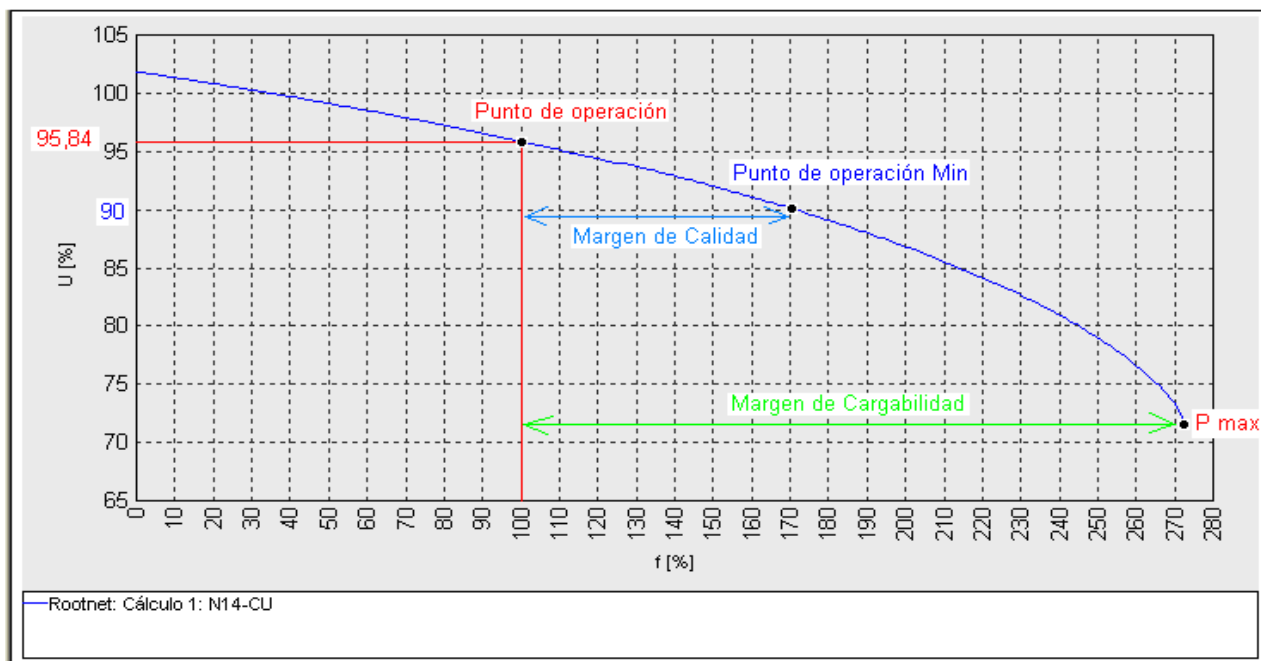
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



Margen de cargabilidad 45.65 MW

Margen de calidad 19.12 MW



# CURVAS V-Q

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

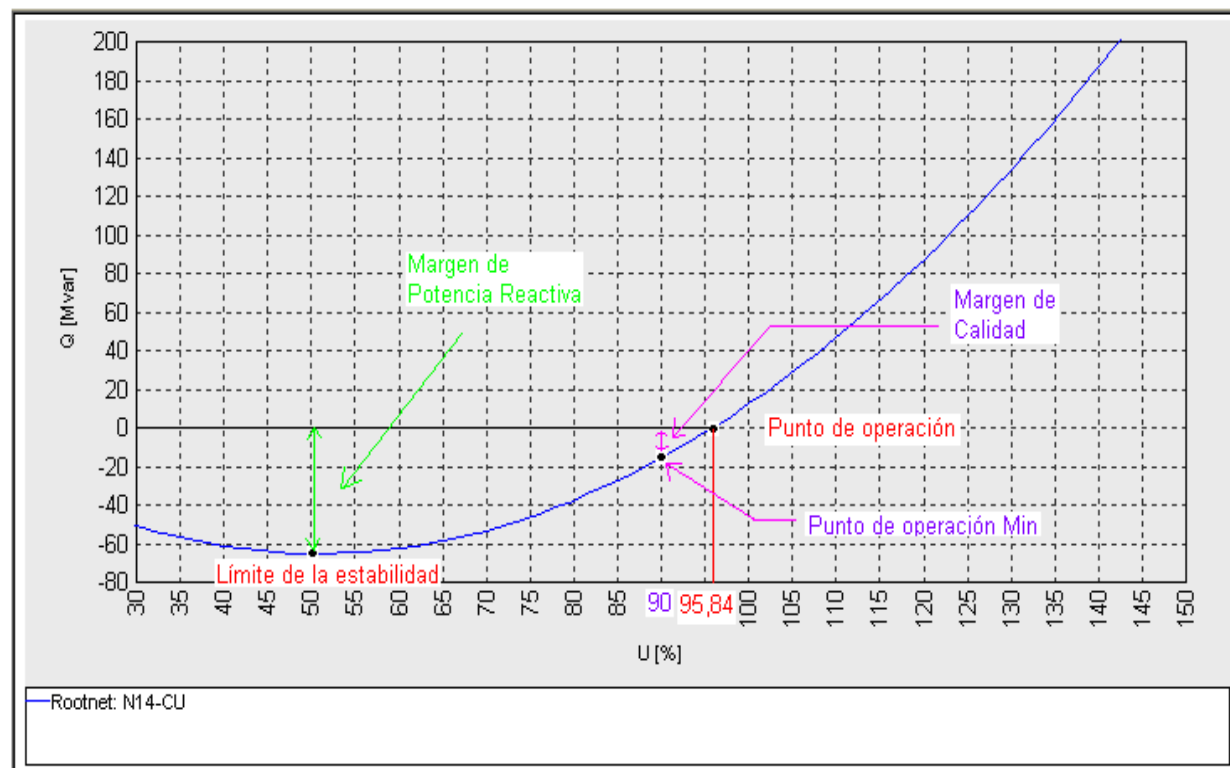
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# CURVAS P-V

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

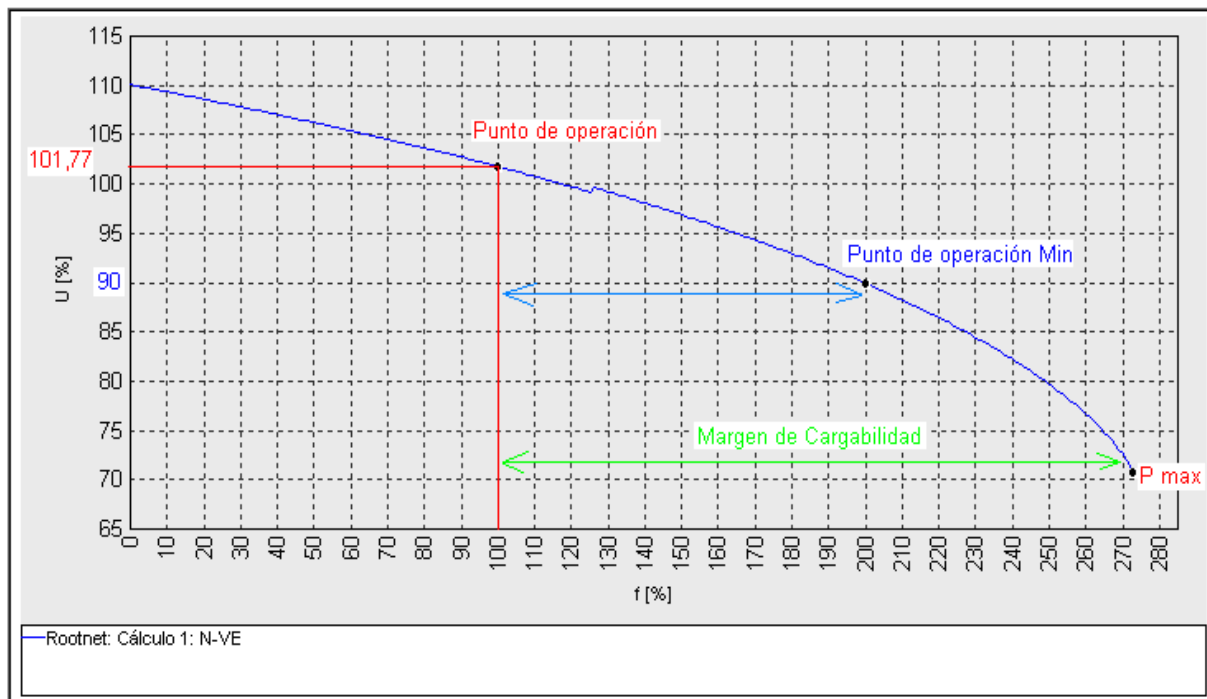
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



Margen de cargabilidad 5.88 MW

Margen de calidad 3.4 MW



# CURVAS V-Q

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

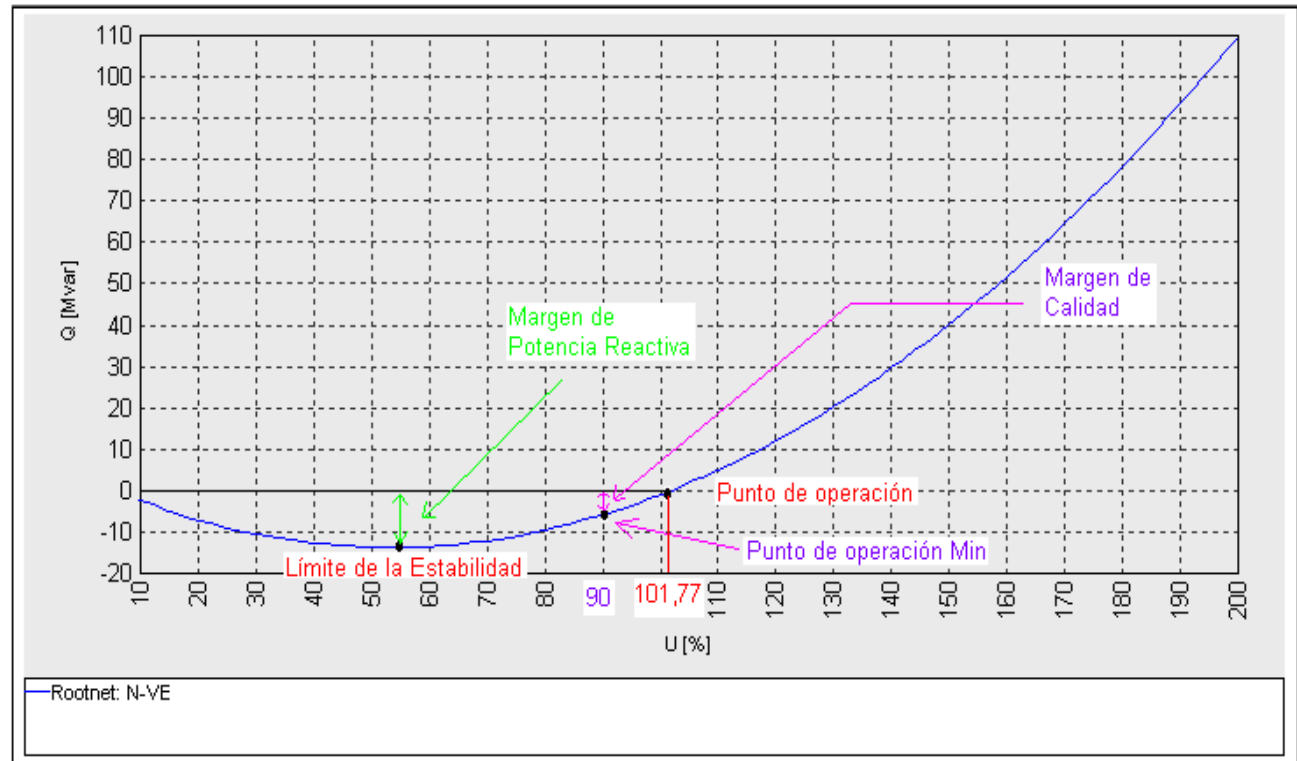
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# DEMANDA MÁXIMA

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Los datos de potencia activa y reactiva fueron tomados de la hora en que el sistema presenta su mayor demanda, la cual se obtiene de la sumatoria de todos los circuitos en una hora específica para un día ordinario.



# TABLA DE VALORES PROPIOS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

VALOR PROPIO	NODO	FACTOR DE PARTICIPACION
0,409	N6-BE	0,895
	N19-PA	0,031
	N-VE	0,028
	N14-CU	0,023
0,481	N19-PA	0,900
	N6-BE	0,052
	N-VE	0,027
25,446	N3-DQ	0,825
	N9-RO	0,124
	N4-DQ	0,038





# FACTORES DE PARTICIPACIÓN DE NODOS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

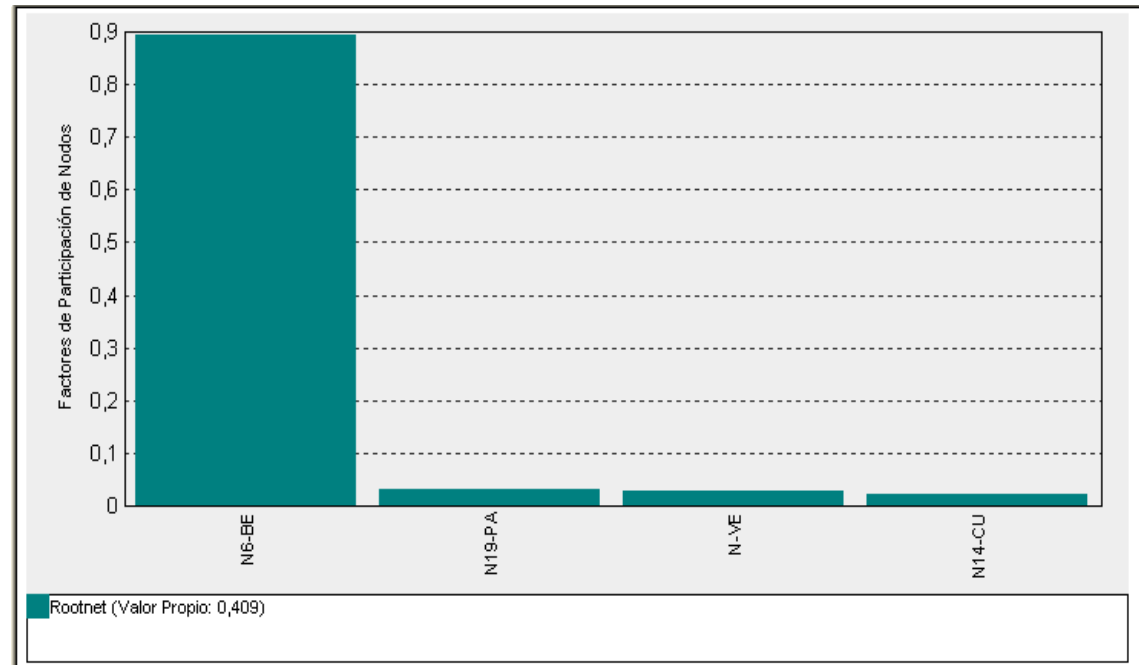
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# FACTORES DE PARTICIPACIÓN DE RAMAS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

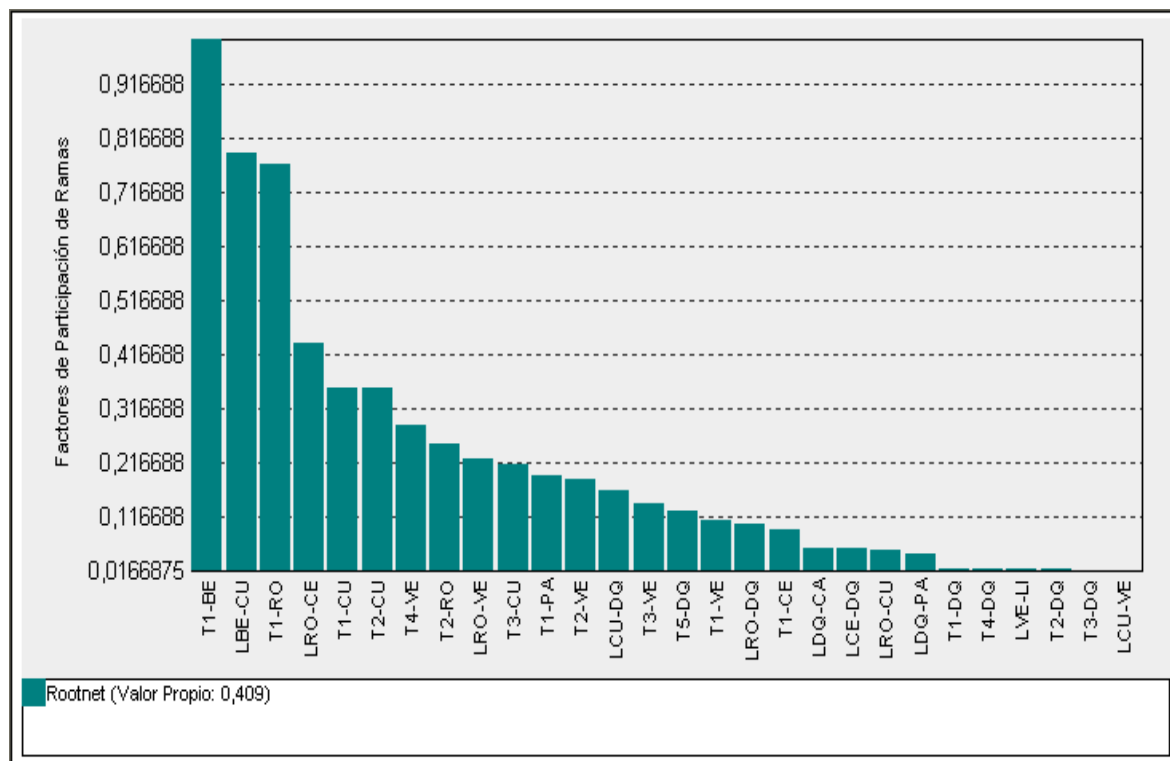
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# CURVAS P-V

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

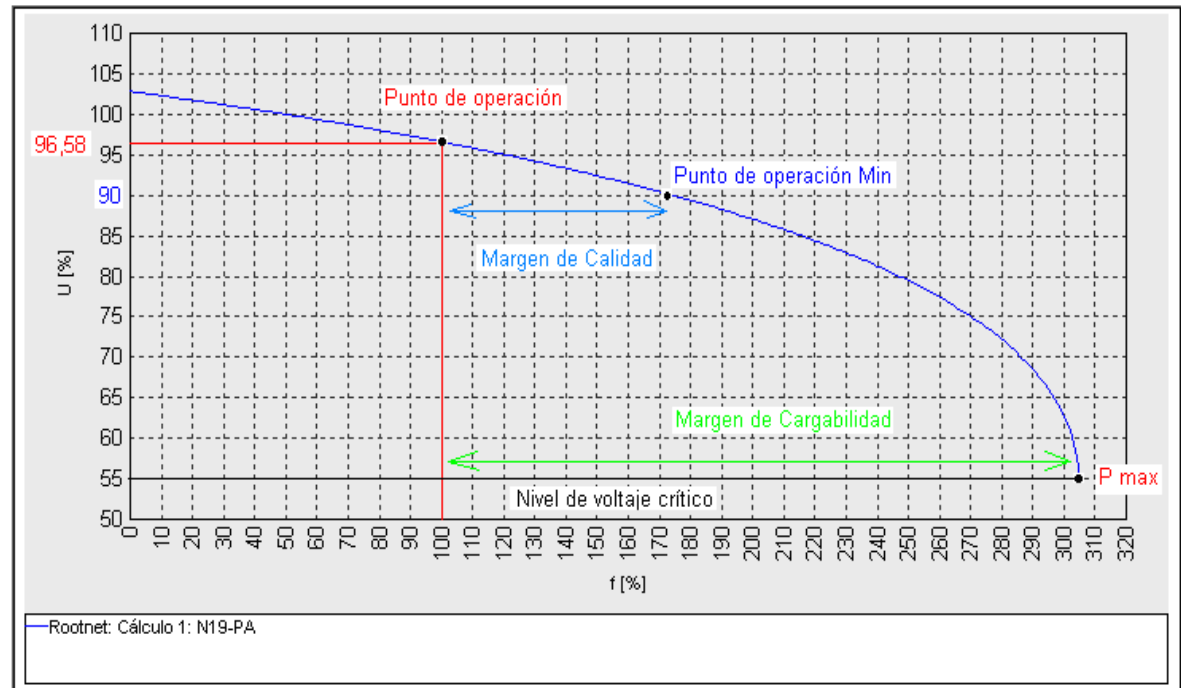
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



Margen de cargabilidad 8.64 MW

Margen de calidad 2.94 MW



# CURVAS V-Q

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

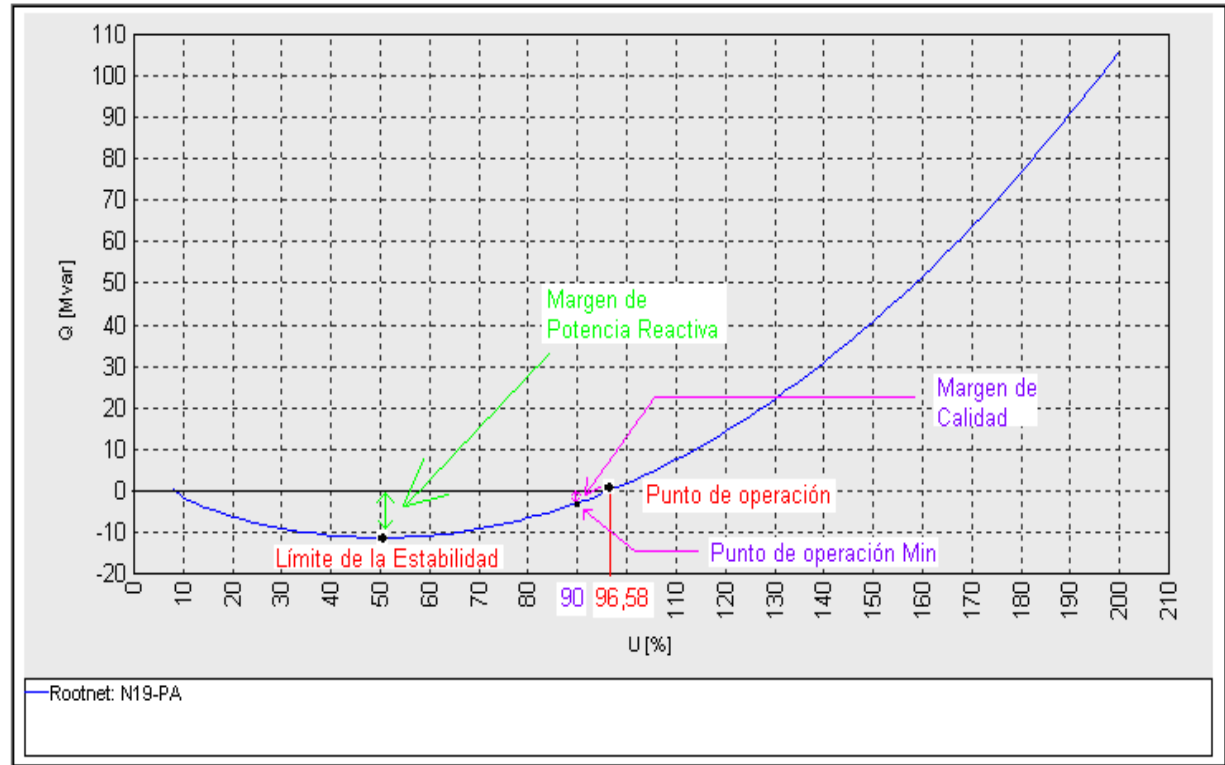
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# CURVAS P-V

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

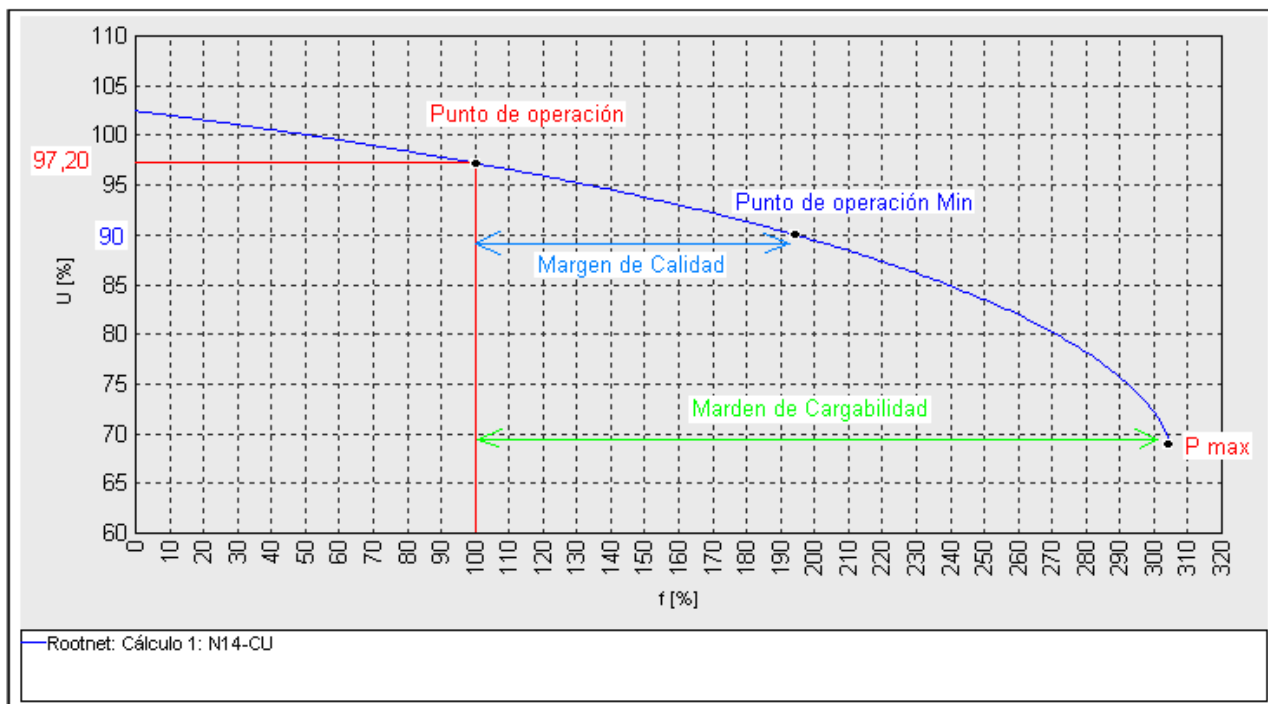
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



Margen de cargabilidad 53.07 MW

Margen de calidad 24.85 MW



# CURVAS V-Q

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

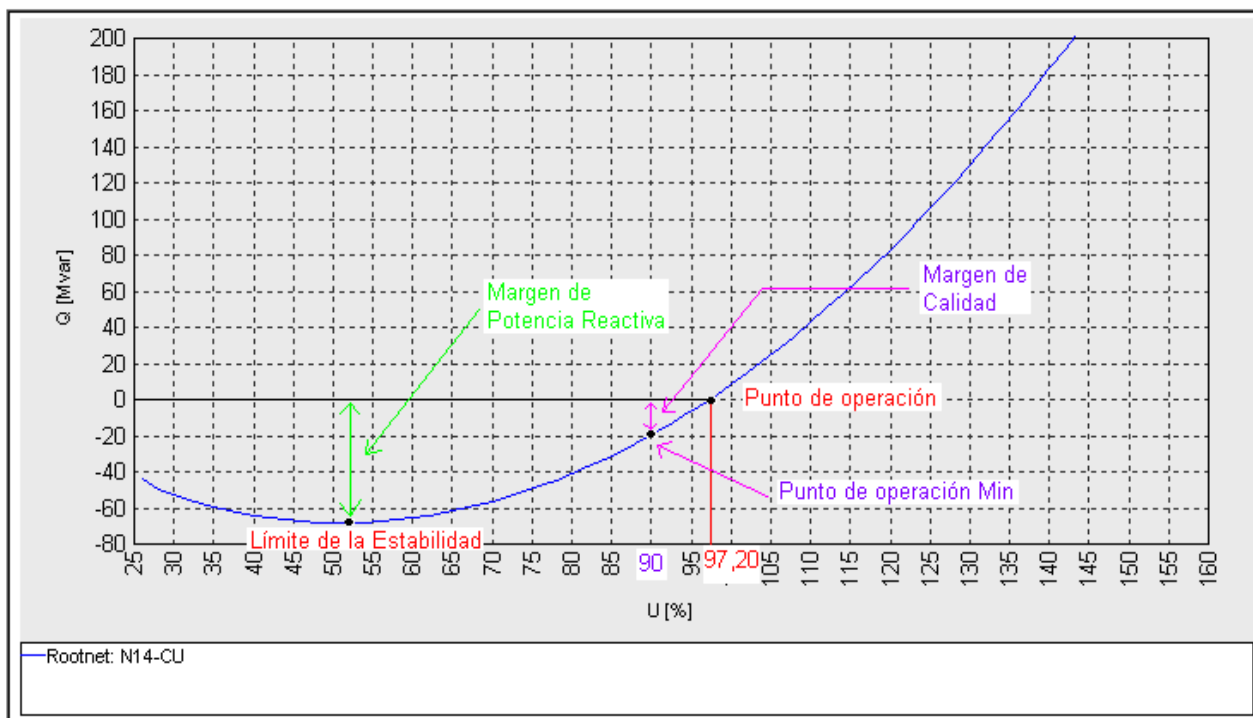
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# CURVAS P-V

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

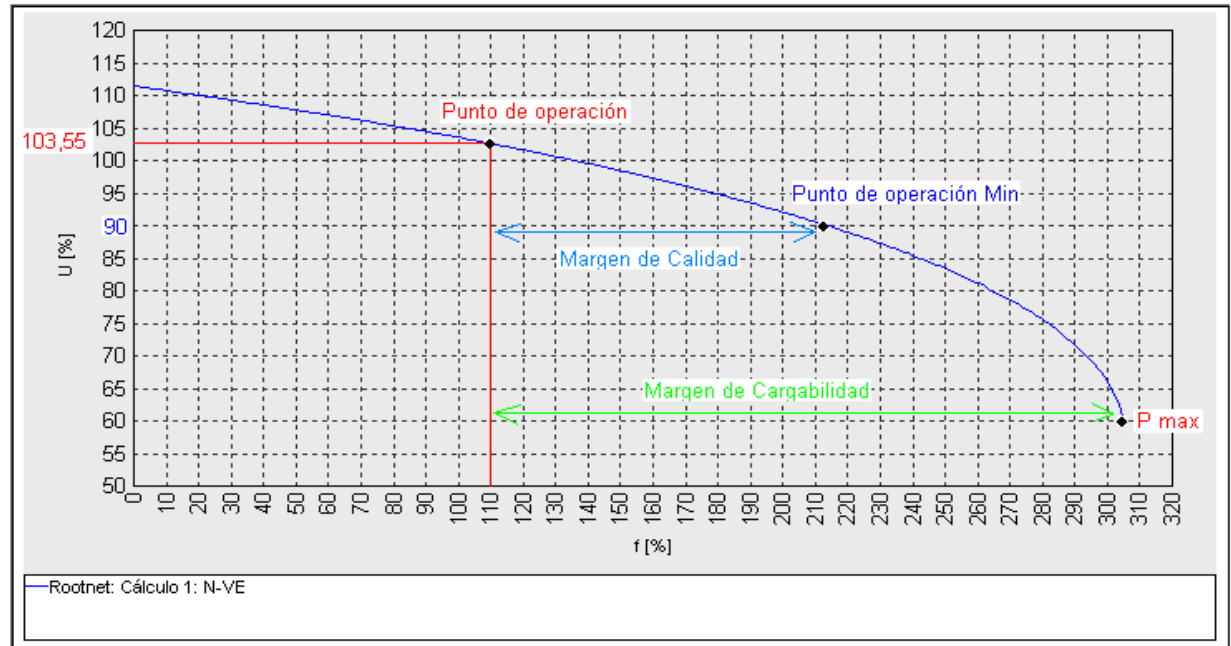
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



Margen de cargabilidad 3.4 MW

Margen de calidad 3.85 MW





# CURVAS V-Q

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

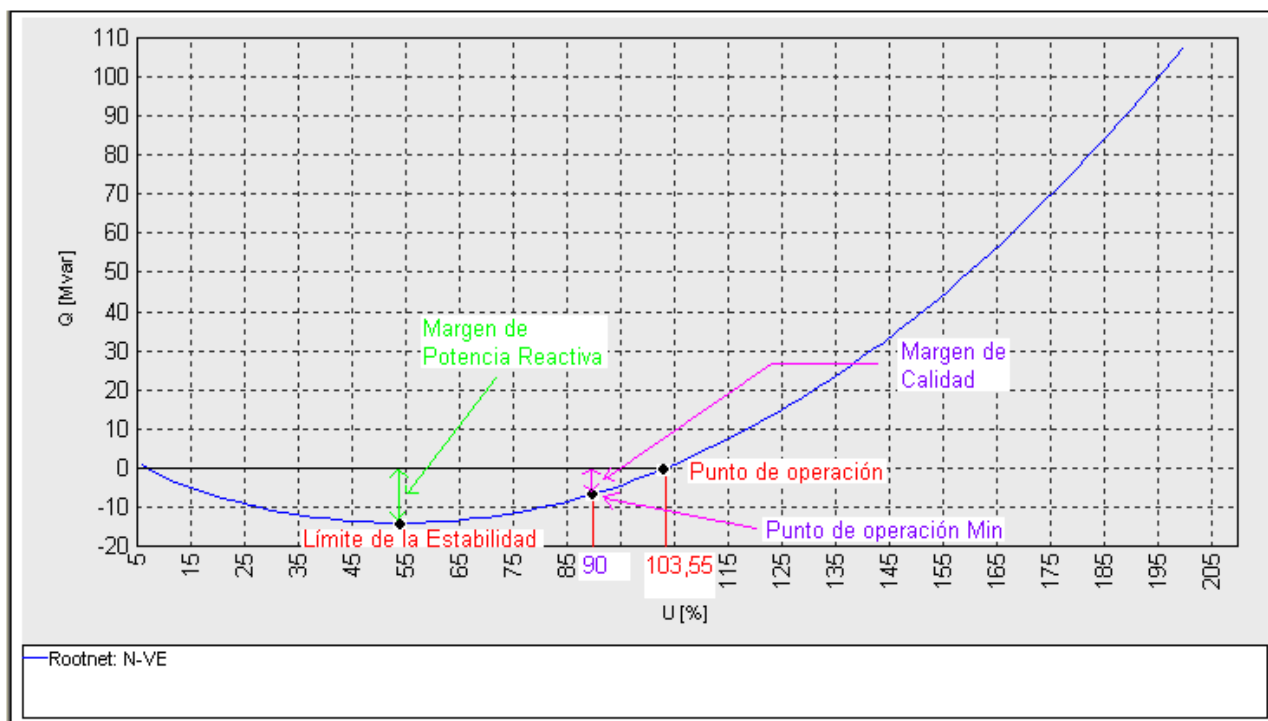
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# DEMANDA MÍNIMA

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

Los datos de potencia activa y reactiva fueron tomados de la hora en que el sistema presenta su menor demanda, la cual se obtiene de la sumatoria de todos los circuitos en una hora específica para un día ordinario.



# TABLA DE VALORES PROPIOS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

VALOR PROPIO	NODO	FACTOR DE PARTICIPACION
0,417	N6-BE	0,922
	N19-PA	0,031
	N14-CU	0,022
	N-VE	0,010
0,482	N19-PA	0,948
	N6-BE	0,038
25,297	N3-DQ	0,821
	N9-RO	0,127
	N4-DQ	0,039



# FACTORES DE PARTICIPACIÓN DE NODOS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

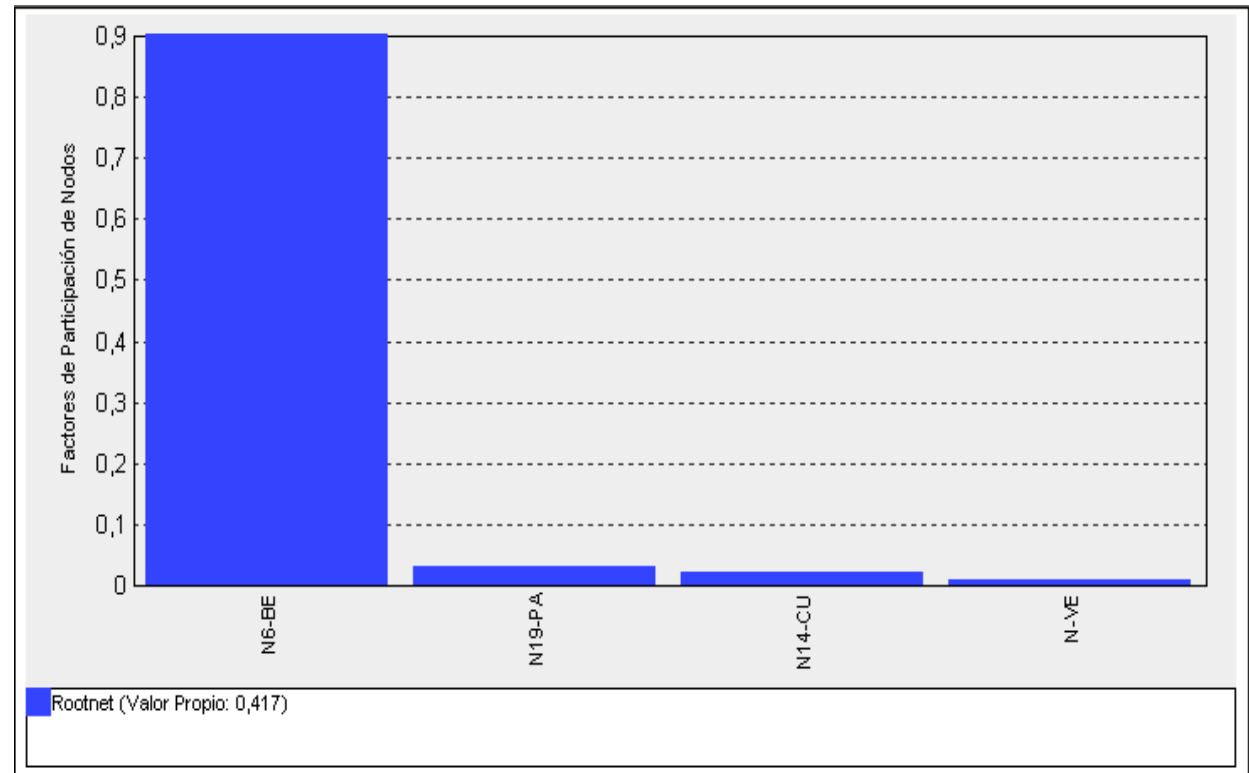
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# FACTORES DE PARTICIPACIÓN DE RAMAS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

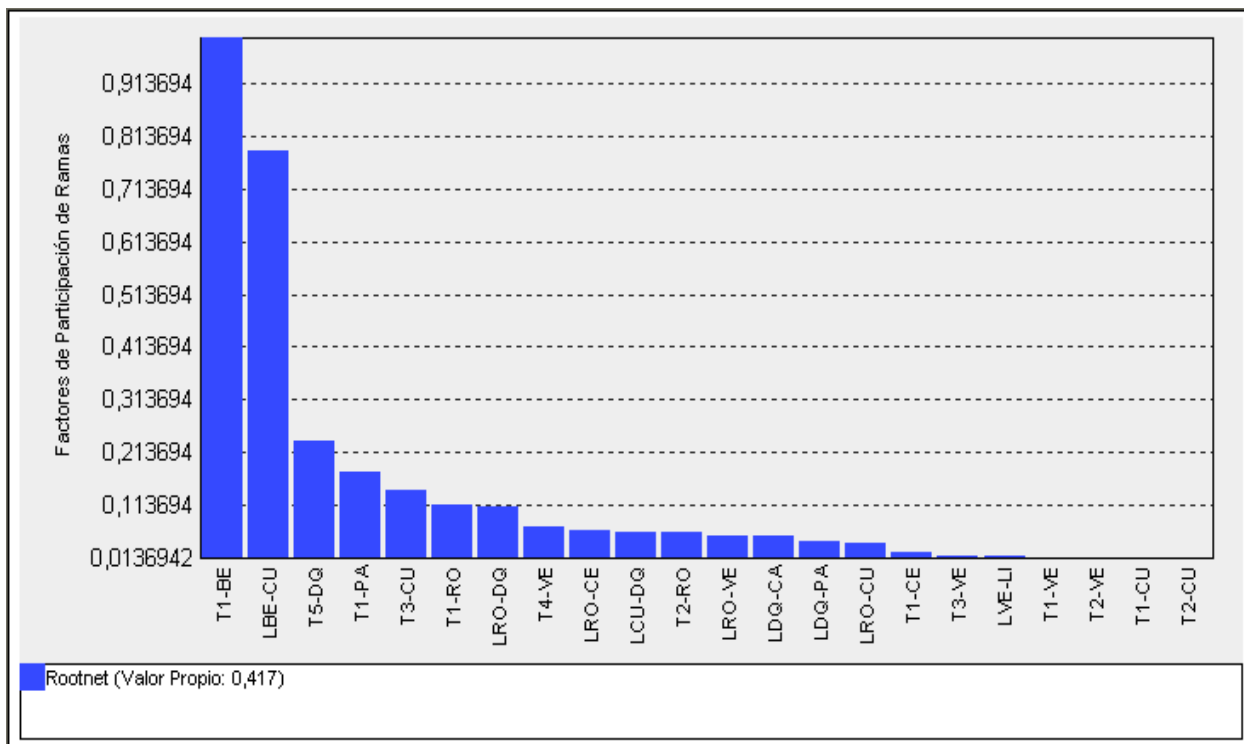
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# CURVAS P-V

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

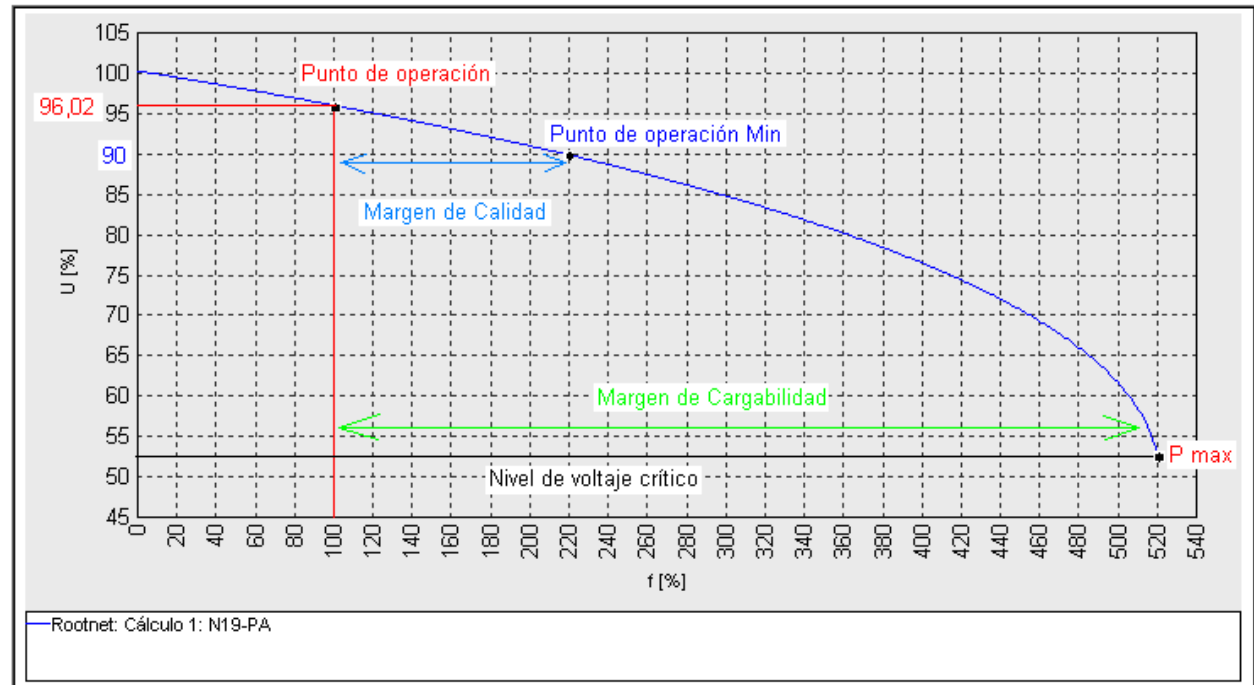
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



Margen de cargabilidad 16.93 MW

Margen de calidad 4.84 MW



# CURVAS V-Q

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

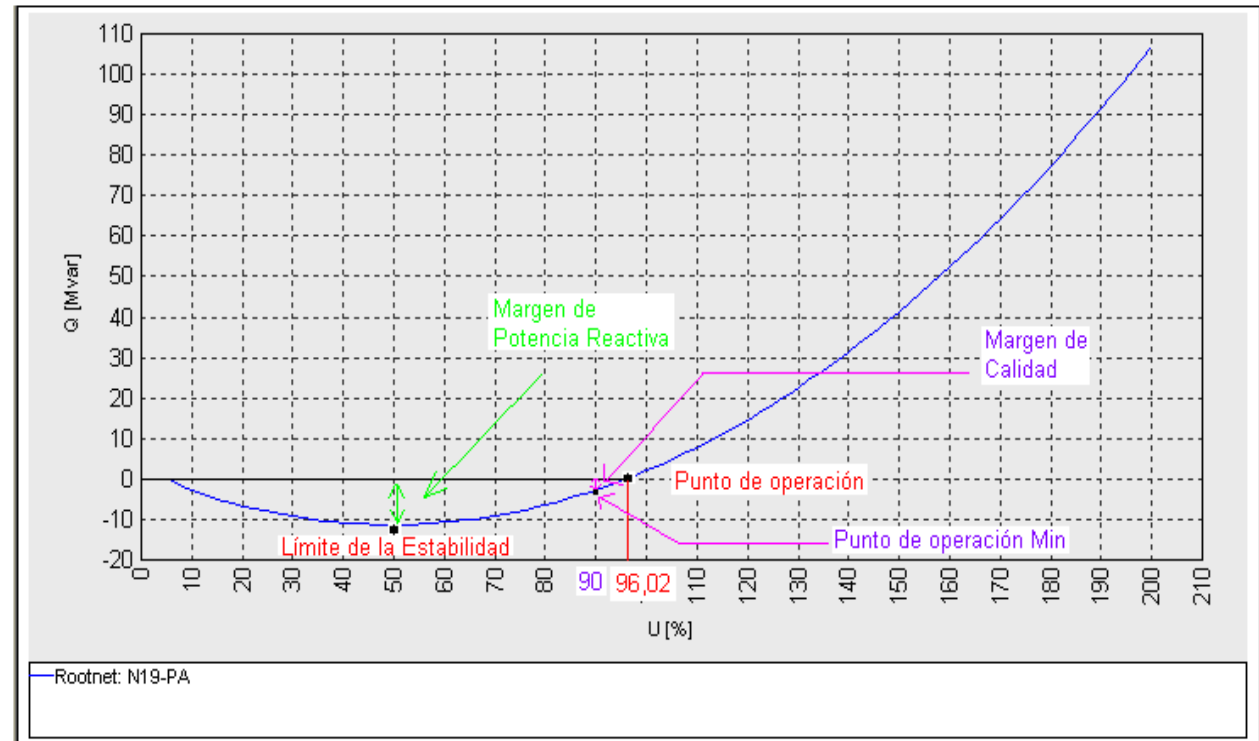
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones







# CURVAS P-V

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

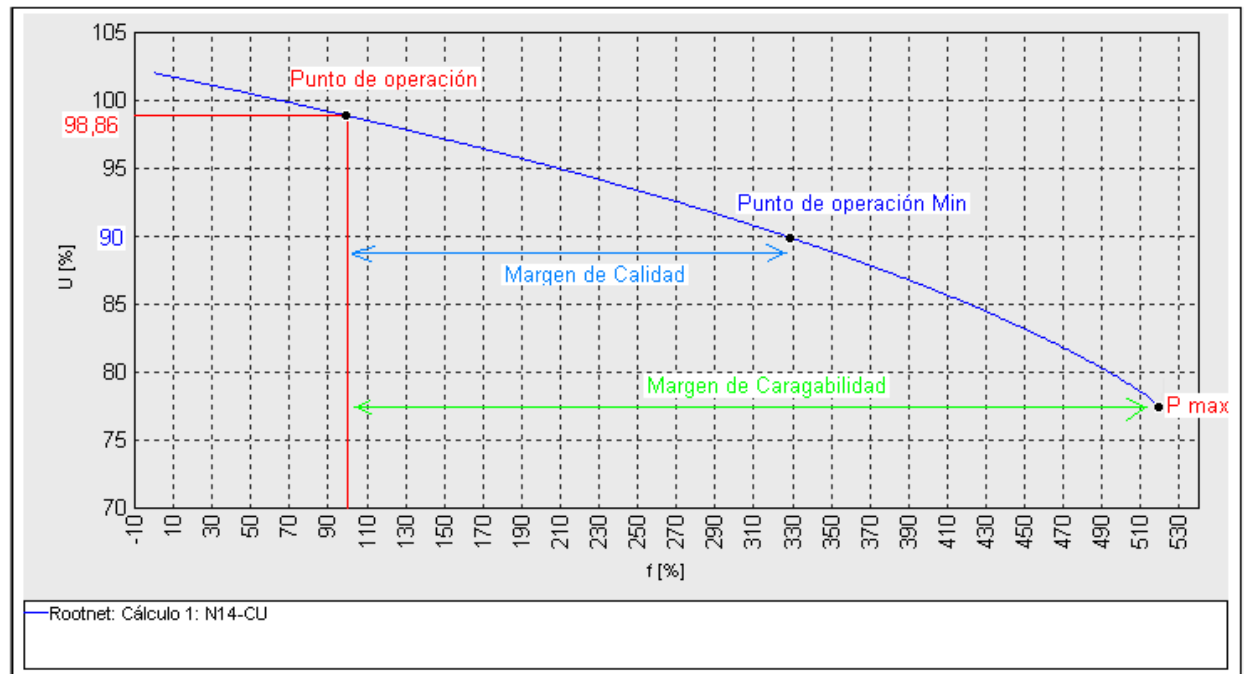
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



Margen de cargabilidad 40.03 MW

Margen de calidad 21.87 MW



# CURVAS V-Q

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

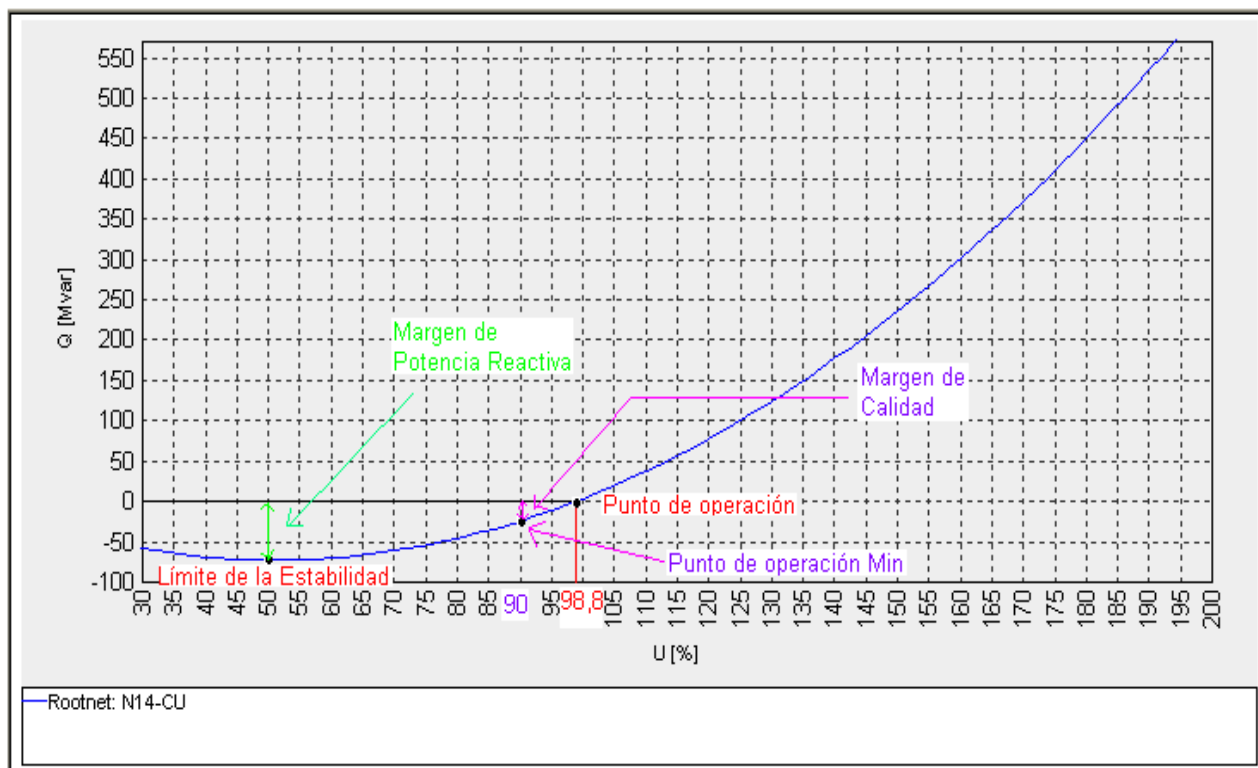
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# CURVAS P-V

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

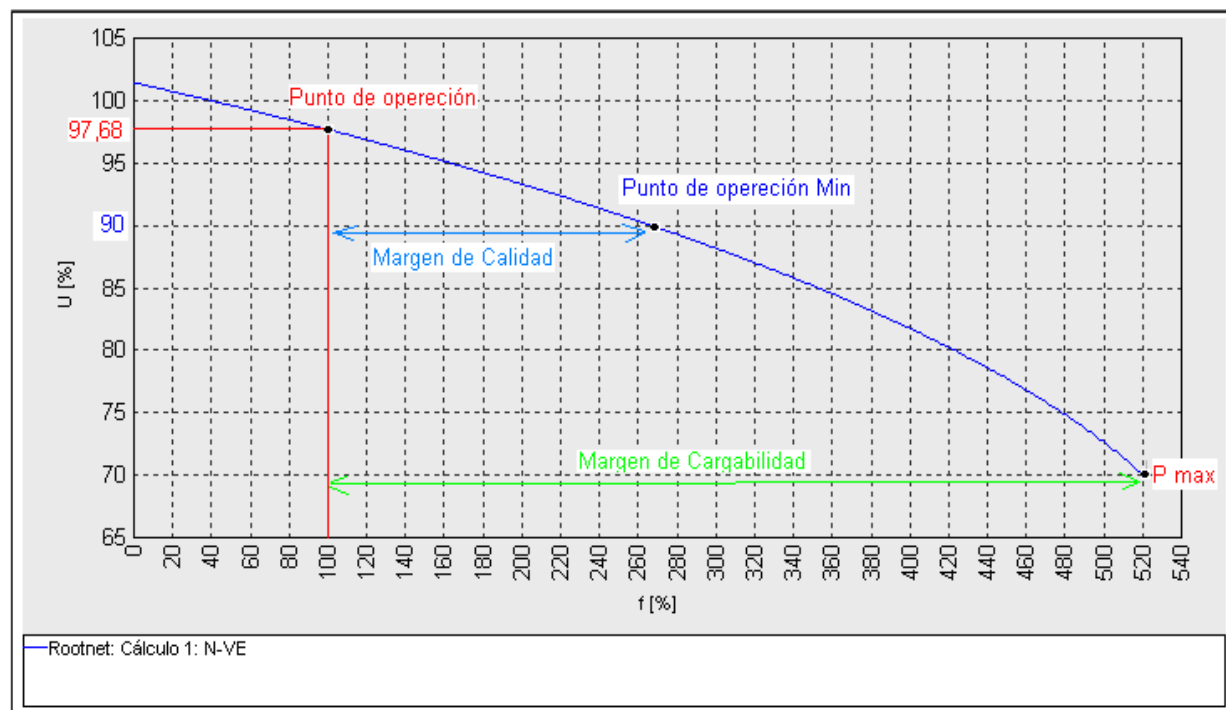
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones



Margen de cargabilidad 1.7 MW

Margen de calidad 2.85 MW



# CURVAS V-Q

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

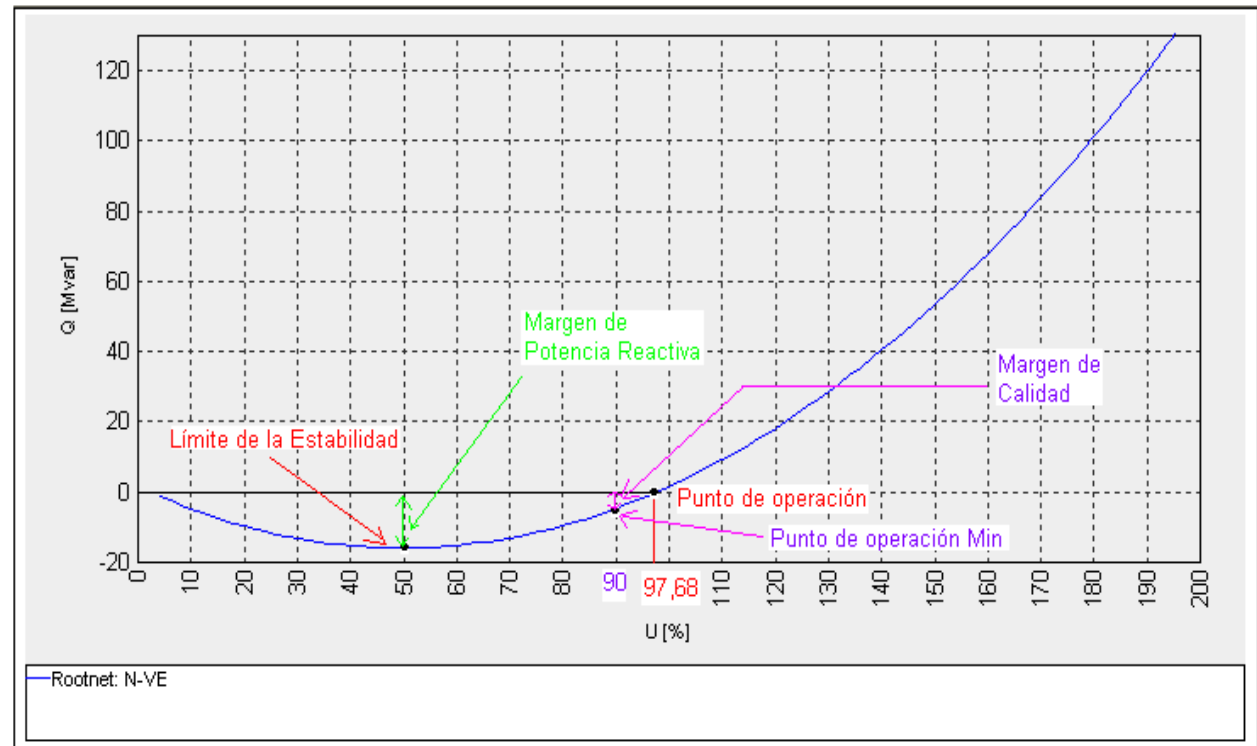
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# NODOS Y ELEMENTOS CRÍTICOS

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

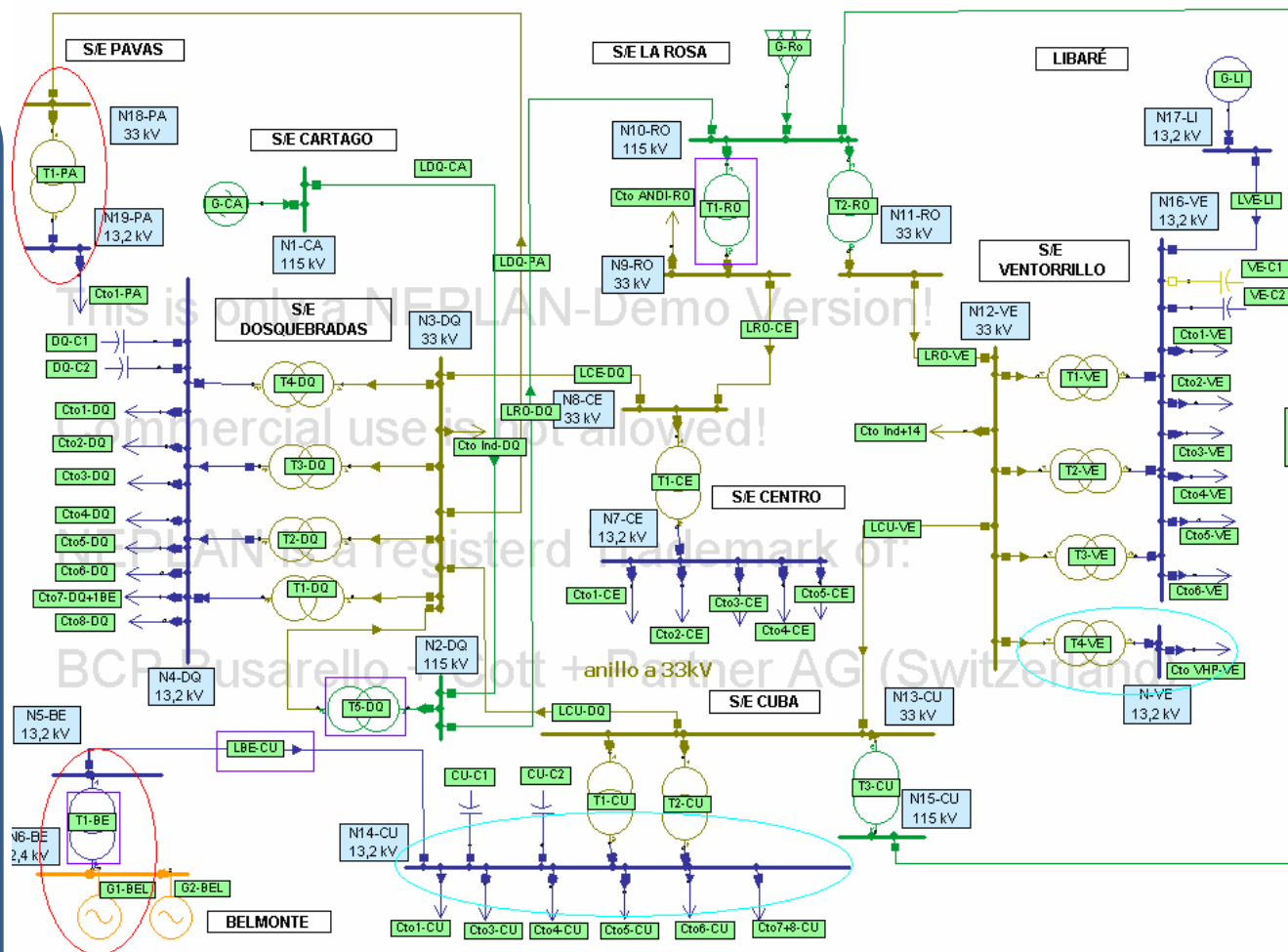
Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones





# CONCLUSIONES

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

◆ Se ha presentado una metodología moderna de estado estable para identificar los nodos críticos y las zonas de mayor vulnerabilidad respecto a la estabilidad de voltaje de un SEP.

◆ Se analizaron tres casos de estudio: cargabilidad, demanda máxima y mínima; en los cuales se utilizaron las opciones de cálculo “ **$Q=0$  constante**” “ **$Q$  variable**” a lo largo del desarrollo de los casos de estudio.



# CONCLUSIONES

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

◆ En el presente trabajo se presenta N6-BE y N19-PA como los nodos más influyentes en lo que se refiere a estabilidad de voltaje. Siendo el N19-PA el de mayor interés en este caso de estudio. Con un menor grado de importancia, pero sin ser excluidos del análisis se relacionan N14-CU y N-VE como nodos críticos del sistema .



# CONCLUSIONES

Objetivos

Sistemas de  
Potencia

Estabilidad

Estabilidad Neplan

Resultados Neplan

Casos de Prueba

Conclusiones

◆ En el presente trabajo se tuvieron en cuenta los factores de participación de ramas, con relación a estos se observa en los casos de estudio la presencia de cinco elementos: T1-BE, LBE-CU, T1-PA, T5-DQ y T1-RO. Los tres primeros elementos se establecen como críticos debido a su ubicación geográfica.





¿Preguntas?





¡MUCHAS GRACIAS!

